

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta
Institut geologického inženýrství

**GIS ANALÝZA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ POVODÍ ODRY
ZA VYBRANÝCH POVODŇOVÝCH UDÁLOSTÍ**

RUNOFF CONDITIONS ANALYSIS OF THE ODRA
CATCHMENT DURING SELECTED FLOOD EPISODES WITH
THE GIS SUPPORT

Autor: David Pravda

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D.

OSTRAVA 2015

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci, včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 112/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 16. 4. 2015

David Pravda

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Janu Unuckovi, Ph.D. za poskytnuté materiály, cenné rady a celkovou pomoc při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a sestře, kteří mě během celého studia podporovali.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou odtokových poměrů povodí Odry za vybraných povodňových událostí s využitím softwaru GIS. Úvodní část práce se věnuje přírodním charakteristikám vymezeného území. Další kapitoly rozepisují úpravy na vodních tocích a vliv hornické činnosti. Postupně se přechází na povodňové události 19., 20. a 21. století. Detailně zpracována je pak povodeň z roku 2009. V poslední části popisují použití programových prostředků (ArcGIS, GRASS GIS a SAGA GIS) spojených s tvorbou analýz pro povodí Odry.

Klíčová slova: povodí Odry, odtokové poměry, povodně, GIS, ArcMap, GRASS GIS, SAGA GIS

SUMMARY

This bachelor thesis deals with runoff conditions analysis of the Odra catchment during selected flood episodes with the gis support. Introductory part deals with natural characteristics in restricted area. Regulation of watercourses and impact of coal mining activities are in the next chapter. Gradually I write about flood episodes from 19., 20., and 21. centuries. Flood of year 2009 is detailed processed. In last chapter I describe software used (ArcGIS, GRASS GIS and SAGA GIS) for analysis of Odra catchment area.

Keywords: Odra catchment area, runoff conditions, flood, GIS, ArcMap, GRASS GIS, SAGA GIS

Seznam použitých zkratk

České zkratky

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMT	Digitální model terénu
CHKO	Chráněná krajinná oblast
SPA	Stupeň povodňové aktivity

Cizojazyčné zkratky

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CLC 2006	Corine Land Cover 2006
CORINE	Coordination of Information on the Environment
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIS	Geographic Information System
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
TWI	Topographic Wetness Index
WMO	World Meteorological Organization

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Fyzicko-geografická charakteristika povodí Odry	9
2.1. Vymezení území.....	9
2.2. Geologické a geomorfologické poměry	11
2.3. Hydrogeologické poměry povodí Odry	15
2.4. Pedologické poměry	16
2.4.1. Popis půdních typů.....	17
2.5. Krajinný pokryv povodí	19
2.5.1. Charakteristika krajinného pokryvu	19
2.5.2. CHKO povodí Odry	19
2.6. Hydrologické poměry.....	22
2.7. Klimatické poměry	26
2.7.1. Srážkové poměry.....	26
2.7.2. Teplotní poměry	27
2.7.3. Klasifikace klimatu	27
3. Úpravy vodních toků a jiné činnosti v povodí Odry	29
3.1. Úpravy vodního toku a vodohospodářské stavby řeky Odry	30
3.2. Úpravy na některých přítocích řeky Odry.....	32
3.3. Vliv hornické činnosti v povodí Odry.....	33
4. Povodňové události v povodí Odry	34
4.1. Významné povodně 19. století.....	36
4.1.1. Srpen 1813	36
4.1.2. Březen 1830 a září 1831	36
4.1.3. Srpen 1854	36
4.1.4. Nепrokázaná povodeň v roce 1878	37
4.1.5. Srpen 1880	37

4.2. Významné povodně 20. století	37
4.2.1 Červenec 1903	37
4.2.2 Červenec 1966	38
4.2.3. Červenec 1997	38
4.3. Významné novodobé povodně	40
4.4. Povodeň v červnu, červenci 2009	40
4.4.1. Meteorologická situace	40
4.4.2. Hydrologická situace	41
4.4.3. Hydrologická situace na vodních tocích	41
4.4.4. Zaznamenané rozlivy	45
5. Využití programových prostředků	45
5.1. ArcMap 9.3	45
5.1.1. Sklonitost svahů (SLOPE)	46
5.1.2. Hustota odtokové sítě (KERNEL DENSITY)	47
5.2. GRASS GIS	48
5.3. SAGA GIS	48
6. Závěr	51
Použitá literatura a zdroje	52
Elektronické zdroje	53
Seznam obrázků	55
Seznam grafů	56
Seznam tabulek	56

1. Úvod

Voda je od pradávna považována za symbol života na Zemi. Vždyť s vodou je spojena i jedna z prvních a největších kolonizací člověka ve starověkém Egyptě. Lidé si kolem řek Eufrat a Tigris stavěli své příbytky, které přerostly v městské státy, a tím položili základ dnešní civilizaci. Existuje však jeden přírodní živel, který lidem od počátků věků znesnadňoval takovéto žití, a tím jsou povodně. Vznik povodní jako takových neovlivňuje jen množství srážek spadlých na zemský povrch, ale také hustota říční sítě, morfologie terénu (sklonitost, orientace svahů), pedologické poměry, s nimiž souvisí i zastoupení vegetačního pokryvu, klimatické poměry a mnoho dalšího.

Na všechny analýzy, kterými se tato bakalářská práce bude zabývat, použiju tzv. GIS programy. Pro začáteční úkony využiju služeb programu ArcMap, později pro složitější analýzy typu LS faktoru nebo vlhkostního indexu přidám programy GRASS GIS a SAGA GIS.

Toto téma jsem si zvolil hlavně proto, že se v povodí Odry celkem často pohybuju a chtěl bych se o něm dovědět nové a třeba i zajímavé informace. Dalším důvodem je možnost softwarového využití GIS technologií, bez kterých se člověk v dnešní praxi neobejde.

Touto bakalářskou prací se snažím podat ucelené informace o povodí Odry.

2. Fyzicko-geografická charakteristika povodí Odry

2.1. Vymezení území

Povodí Odry se rozkládá v severo-východní části České republiky, přesněji se jedná o Olomoucký a Moravskoslezský kraj, jehož součástí je celkem šest okresů v čele s městem Ostrava, které je co do počtu obyvatel, třetím největším městem ČR.

Nejzásadnější řekou tohoto území je Odra s hydrologickým pořadím 2-01-01-001. Celková délka je 854 km, pramení v Oderských vrších (634 m n. m.) a zasahuje celkem do tří evropských států: ČR s podílem povodí kolem 6 %, Německa s podílem 5 % a Polska s největší rozlohou povodí okolo 89 %. Celková plocha, ze které dochází k odvádění vody do Štětínského zálivu - Baltského moře, činí 118 861 km².

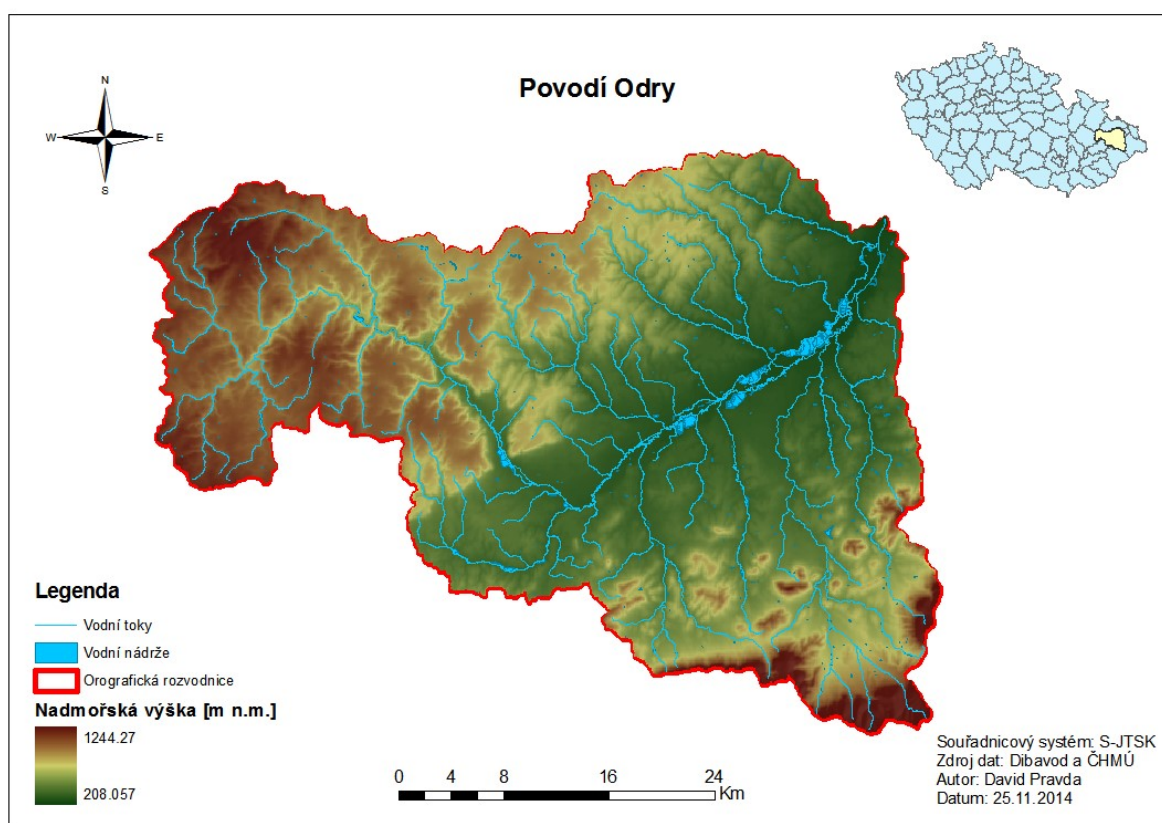
Povodí Odry patří mezi osm hlavních oblastí povodí České republiky. Se svou rozlohou 7 217 km² (včetně enkláv v severních a východních Čechách) jde o nejmenší povodí ze všech jmenovaných: Horní a střední Labe, Horní Vltava, Dolní Vltava, Berounka, Ohře, Morava a Dyje.

Sledované povodí je protáhlého tvaru od SZ–JV. Na SV sousedí s polskou částí povodí horní Odry a Visly a na území Polska vtéká soutokem Odry a Olše v oblasti Bohumína. Na JZ sousedí s povodím Moravy a Váhu. V ČR se povodí Odry skládá z 12 základních povodí 3. řádu, která jsou vypsána v tabulce *Tab. 1.* (Povodí Odry, 2015)

Zájmovou oblastí této bakalářské práce je oblast okolo vodního toku Odry po Opavu (02-01-01), konkrétně jde o území, které se rozprostírá ve městech od severu Vítkov, Bílovec, Ostrava, Odry, Nový Jičín, Kopřivnice a Frenštát pod Radhoštěm.

Hydrologické pořadí	Vodní tok	Plocha povodí [km ²]
02-01-01	Odra po Opavu	1615
02-02-01	Opava po Moravici (část)	944
02-02-02	Moravice	902
02-02-03	Opava od Moravice po ústí	242
02-02-04	Odra od Opavy po Ostravici	39
02-03-01	Ostravice	828
02-03-02	Odra od Ostravice po Olši	213
02-03-03	Olše (část)	914
02-04-01	Levostranné přítoky Odry od Olše po ústí Osoblahy (část)	172
02-04-02	Osoblaha (část)	377
02-04-04	Pravostranné přítoky Kladské Nisy v Jeseníku (část)	683
04-21-06	Váh od Varínky včetně Kysuce a Rajčianky (část)	69

Tab. 1 Subpovodí 3.řádu povodí Odry s vyznačením zájmové oblasti, převzato a upraveno podle (Povodí Odry, 2015)



Obr. 1 Mapa s vyznačením oblasti povodí Odry

2.2. Geologické a geomorfologické poměry

Moravskoslezská oblast, nazývána také jako moravosilezikum je nejvýchodnější částí Českého masivu. Tato oblast se původně skládala jen z jednoho celistvého bloku, který byl součástí avalonsko-kadomského orogénu. Postupně však docházelo ke změně západní části moravoslezika vlivem variské kolize brunovistulika s lugodanobikem. (Grygar, 2015)

Zpracovaná oblast povodí Odry je tvořena dvěma rozdílnými územními celky, které mají zásadní vliv na celou tuto oblast, ať už se jedná o vodohospodářství, charakteristiku říční sítě nebo hydrologické poměry.

Od severozápadní po severovýchodní část území vede niva řeky Odry. Ta se rozprostírá v údolí Moravské brány, kde tvoří pomyslnou osu její severní části. Moravská brána je příkopová propadlina, která vznikla v období miocénu. Rozkládá se od Přerova po Ostravu a patří k již zmiňovanému Českému masivu. Jižní a jihovýchodní část pak přiřazujeme ke Karpatské soustavě. Směrem k severu a severozápadní straně se dále vyskytuje Nízký Jeseník, jehož základy jsou geologicky starší než sousedící Západobeskydské podhůří, které je geomorfologickým celkem Podbeskydské pahorkatiny a vyskytuje se jihovýchodním směrem.

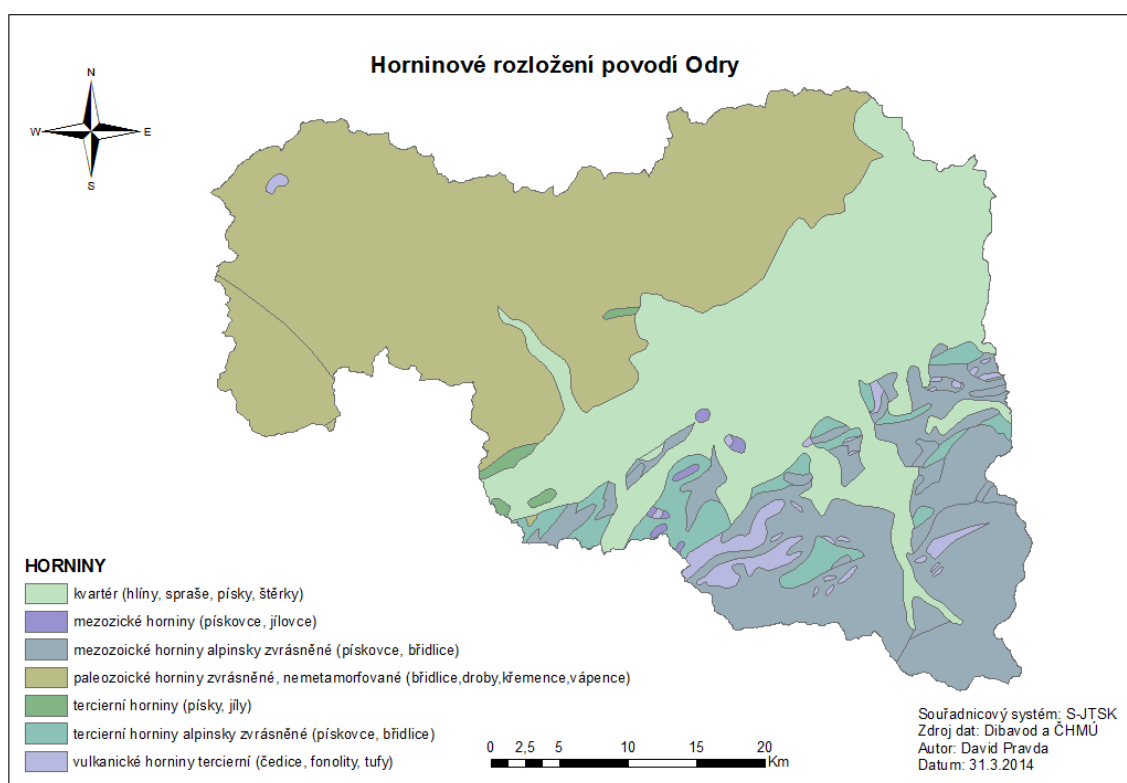
Severozápadní beskydská oblast se utvářela v paleozoiku – prvohorách, kdy docházelo k ukládání sedimentů, které byly v době variského vrásnění zasaženy velkou horotvornou činností. Později, v období terciéru, docházelo k alpínskému vrásnění, které zapříčinilo dotváření reliéfu pomocí kerných posunů a vulkanické činnosti.

V jihovýchodní beskydské části povodí Odry také docházelo k ukládání sedimentů, ale oproti severozápadní oblasti se zde utvářely geologicky mladší horotvorné procesy. Uprostřed třetihor došlo k obrovskému zvrásnění alpsko-karpatského systému, jež měl za následek nasunutí několika příkrovů v jeho okrajových částech, a tím přispělo k vytvoření základní struktury Beskyd. Skladba těchto příkrovů byla tvořena horninami flyše (jílovce, pískovce).

Členitost reliéfu v této oblasti povodí je i dnes hodně viditelná a to i přes to, že zde po vyvrásnění docházelo k velkým denudačním procesům. Důležitou roli také sehrál pevninský ledovec, který na počátku čvrtohor dostoupil až k Moravské bráně. Ten měl pro

pozdější vývoj Ostravské pánve nezanedbatelný vliv a prakticky dotvořil dnešní tvar povodí Odry. Zmíněná rozdílná členitost mezi jesenickou a beskydskou částí způsobuje naprosto odlišný podélný sklon toků. I když toky mají pramennou oblast v podobné nadmořské výšce, beskydská část toků má dvojnásobně vyšší sklon při odtoku do recipientu. To způsobuje nemalé problémy, ať už se jedná o ničivější účinky větších vod při odtoku nebo vodohospodářské problémy všeho druhu. (Brosch, 2005)

Na obrázku níže je geologická mapa se zobrazením převažujících souvrství ve zpracovaném území povodí Odry. Jedná se o výstup z ArcMap (ESRI).



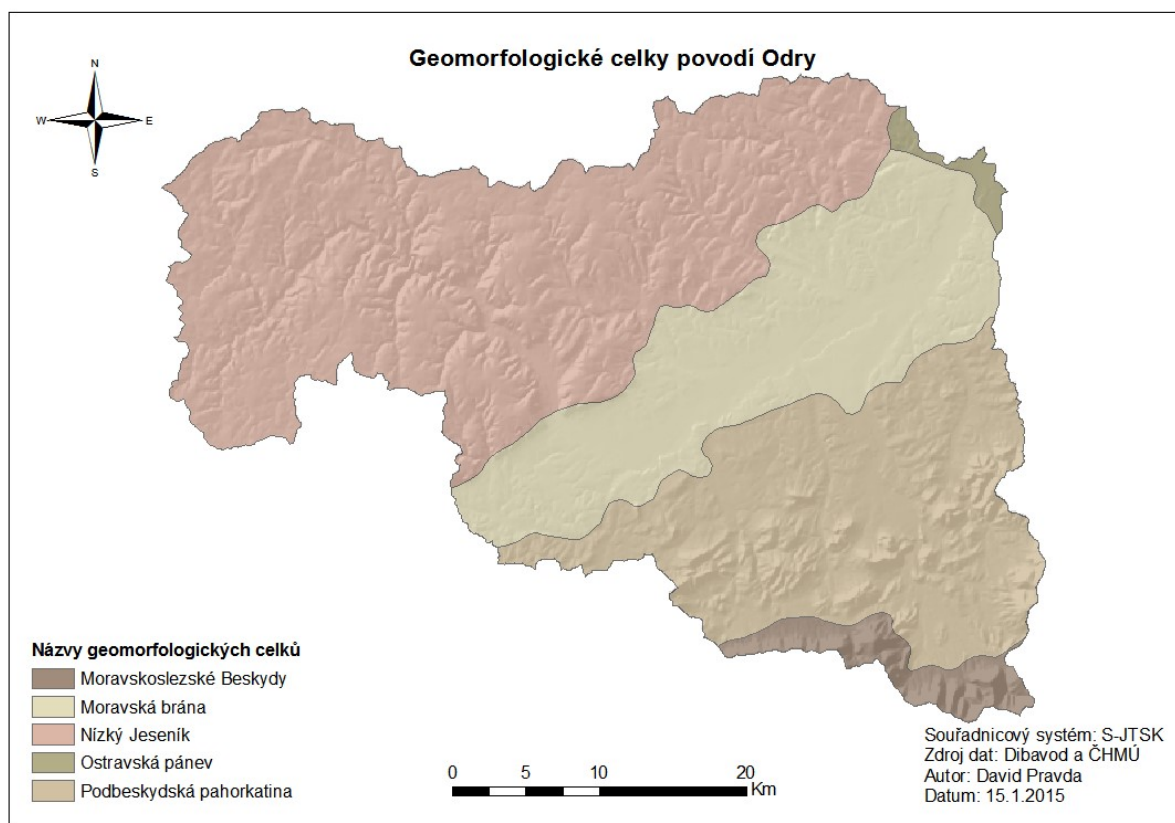
Obr. 2 Geologická souvrství povodí Odry

Nejdůležitějším orografickým útvarem povodí Odry je Hrubý Jeseník, jehož nejvyšší bod – Praděd se nachází ve výšce 1492 m n. m. Český masiv, kterému náleží oblast Hrubého Jeseníku, překračuje v celém tomto území výšku 1000 m n. m. Naproti tomu, pohoří Nízkého Jeseníku se vyznačuje menší výškou díky právě srázným svažováním svého většího bratříčka a tím se obě území zcela odlišují.

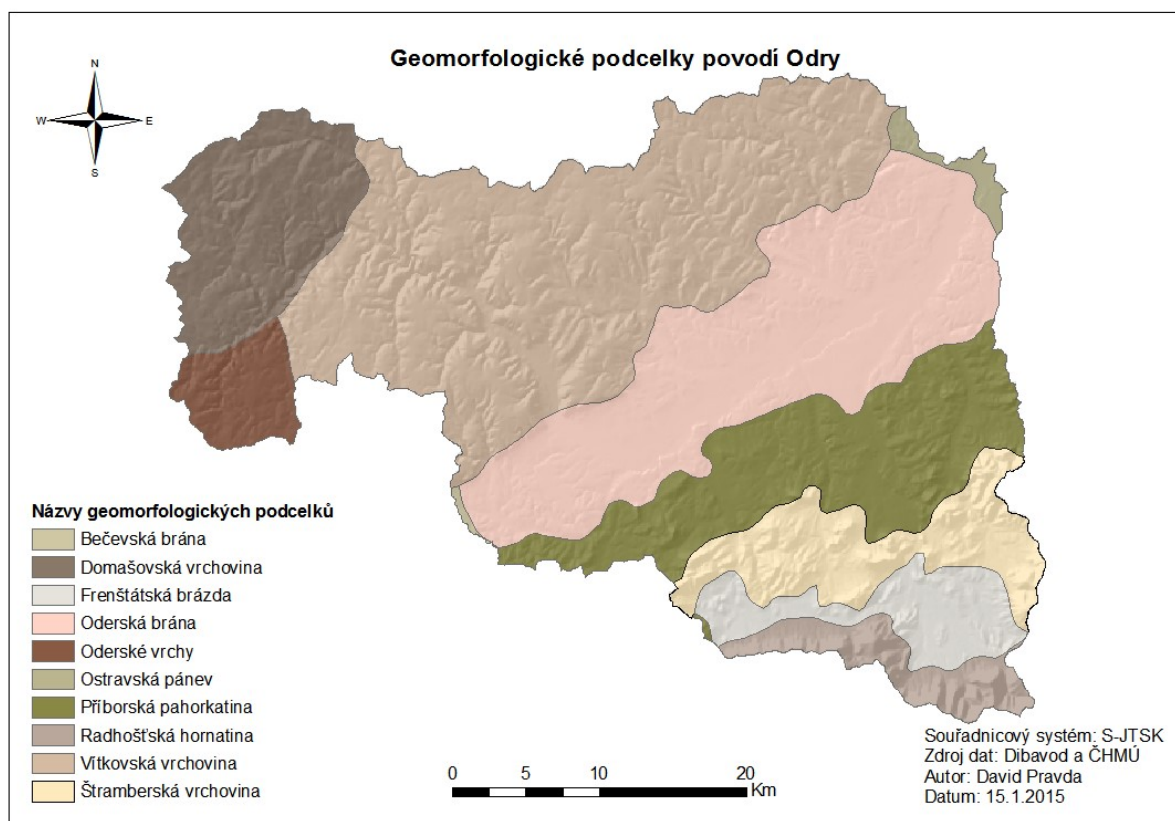
Dalším orografickým útvarem je Karpatská část povodí, ve které hraje hlavní úlohu masiv Moravskoslezských Beskyd s nejvyšším vrcholem Lysou horou – 1323 m n. m. Naopak, v nižším místě povodí, kde se stékají hlavní toky, kterými jsou Odry, Olše, Ostravice a Opava, navazuje niva řeky Odry na Ostravskou pánev a dále pak na Hornoslezskou nížinu v Polsku. Úplně nejnižším bodem v daném povodí na území ČR je soutok Odry s Olší v Bohumíně.

Rozdílnost mezi těmito dvěma částmi povodí dotváří jejich odolnost proti erozi. Zatímco Jesenická oblast se vyznačuje odolnějšími strukturami krystalinika Českého masivu s převládajícími metamorfovanými nebo vyvřelými horninami (pokud zde dochází k erozi, tak spíše v horských polohách), Beskydská oblast je složena druhohorními a třetihorními usazeninami, které snadněji podléhají plošné i bystřinné erozi.

Tato oblast s sebou také přináší různé problémy vodohospodářského směru. Nejzásadnější z nich zapříčiňuje zvětrávání pískovců a břidlic, ze kterých tak vznikají menší frakce, které jsou při přívalových deštích a zvýšených vodních stavech odnášeny. V dolních korytech toku se potom vytváří rozsáhlé štěrkové lavice a tím dochází k problémům s transportem splavenin, které hrají důležitou roli při řešení odtokových poměrů území. Uvolňující jílovcové vrstvy zase přispívají k jemnému rozptýlu jílovitých částic ve vodě a následnému usazení zákalů. Zvláště za povodňových průtoků je tento stav nežádoucí, protože ovlivňuje kvalitu vody v nádržích. (Brosch, 2005)



Obr. 4 Geomorfologické celky povodí Odry



Obr. 3 Geomorfologické podcelky povodí Odry

2.3. Hydrogeologické poměry povodí Odry

Podzemní voda, někdy taky označována jako „spodní voda“, tvoří součást celkového oběhu vod na Zemi.

Povodí Odry se vyznačuje nepříznivým petrografickým charakterem hornin pro akumulaci podzemní vody. Může za to nízký zvětralínový plášť hornin krystalinika, devonu a kulmu, které nemají skoro žádnou průlinovou propustnost. Pouze v kvartérních sedimentech, které vznikly během kontinentálního zalednění, se vyskytují významnější zvodněné systémy. Ty jsou složené z fluvialních uloženin a kolektorů starších hydrogeologických jednotek.

Podzemní vody krystalinika a devonu jsou převážně měkké (kalcium-bikarbonátového typu), vody karpatského mezozoika a terciéru jsou smíšené (natrium-bikarbonátové a kalcium-sulfátové se směsí kalcium-bikarbonátových vod). (Povodí Odry, 2015), (Krásný, 2012)

Celkově se dá povodí Odry v Moravskoslezském kraji rozdělit na tři hydrogeologické rajóny: kvartér Odry, kvartér Opavské pahorkatiny a kvartér Opavy. Základní vrstvu hydrologických rajónů potom utváří osm menších celků: krystalinikum severní části Východních Sudet, kulm Nízkého Jeseníku, Oderská brána, flyš v mezipovodí Odry, Ostravice, Olše, Ostravská a Karvinská část Ostravské pánve.

Do zpracovaného území zasahuje jen kvartér Odry, respektive kulm Nízkého Jeseníku, Oderské brány a flyš v mezipovodí Odry. Kvartér Opavy a malá část kvartéru Opavské pahorkatiny pak tvoří hranici této oblasti na severo-východě. Důležitým prvkem zkoumané oblasti je také hranice hydrogeologických provincií Českého masivu a Západních Karpat, která postupuje od jihozápadu směrem k severovýchodu.

V celém území vystupuje na povrch několik pramenů minerálních vod. Směrem na východ od Hrubého Jeseníku se nachází tzv. postvulkanické kyselky (Krnovsko, Bruntálsko, Moravský Beroun, Budišov) z nichž nejznámější je Karlova Studánka spadající k lázním Jeseník. Vsakování podzemních vod mořského neogénu do důlních děl a jejich následné čerpání v ostravsko-karvinském revíru zapříčinilo výskyt slaných vod. Té například

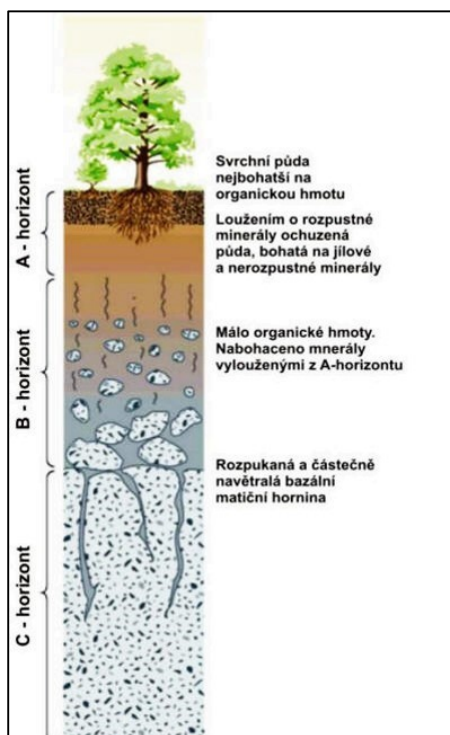
využívají i lázně Darkov a Klimkovice, které jsou známy svou léčivou mocí z jodobromové solanky. Dochází zde k čerpání vody z vrtů v hloubce 400–1000 m. (Povodí Odry, 2015), (Lázně Darkov, 2014), (Vencálek, 2013)

2.4. Pedologické poměry

Půda je nedílnou součástí našich životů. Samotný zájem o půdu, potažmo zemědělství se datuje do doby kamenné, kdy lidé postupně začali využívat její funkce.

Půda je nejsvrchnější vrstvou zemské kůry. Je považována za samostatný přírodní útvar, který vzniká ze vzájemného působení atmosféry, hydrosféry, biosféry a litosféry v podmínkách určitého reliéfu. Skládá se z tzv. neživé složky (částice písku, jílu, hlíny) a živé složky, kterou tvoří mikroorganismy, kořeny rostlin a odumřelé části těl rostlin a živočichů.

Vertikální průřez povrchové části zemské kůry se nazývá půdní profil. Ten je složený z 3 hlavních horizontů. Horizont A se nazývá minerální humusový horizont, má tmavou barvu a probíhají v něm základní biologické procesy. Horizont B, známý jako iluviální je obohacený o látky vyplavené z horizontu A. Horizont C, půdotvorný, tvoří substrát a nevětralá mateřská hornina. (Vopravil a kol., 2010), (Andráš, 2006)



Obr. 5 Půdní profil, zdroj: *Půdoznalství II.*, prof. RNDr. Peter Andráš, CSc.

2.4.1. Popis půdních typů

Ve vybrané oblasti povodí Odry se nachází celkem 5 půdních typů přesahující 5 % z celkové plochy území.

Fluvizem – vyznačuje se hlubokým profilem šedohnědé až hnědé barvy. Tato půda vzniká v říčních údolích podél větších toků, kde vyplňují plochá dna. Ve spodní části půdy se většinou nachází štěrková vrstva a typické oblázky. Původními porosty byly lužní lesy, které později zastoupily údolní louky. Fluvizemě jsou vývojově velmi mladé půdy složené ze sedimentů, které se snášejí erozí a jsou akumulovány v nivě řeky Odry v území, kde se dnes nachází CHKO Poodří.

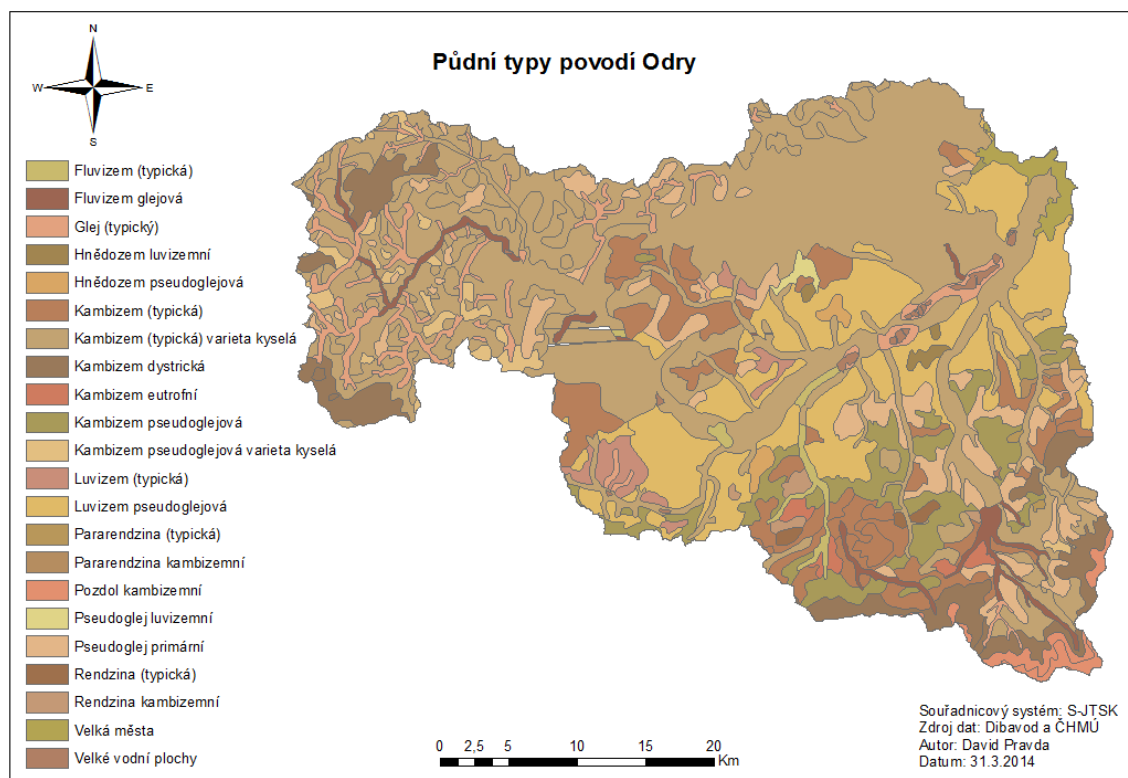
Luvizem – podobně jako Fluvizemě se jedná o hluboké půdy s nízkým obsahem skeletu a sklonem k občasnému převlhčení. Luvizemě se vyskytují převážně ve středních polohách (pahorkatiny a vrchoviny) a vznikaly pod kyselými doubravami a bučinami. U těchto půd dochází k vymývání jílu do akumulačního horizontu. Výskyt těchto půd se mapuje v oblasti Ostravsko-karvinské pánve po Moravskou bránu.

Kambizem – mívá zpravidla mělčí profil s větším obsahem skeletu. Barva je hnědá až rezivohnědá. V ČR jde o nejrozšířenější typ půdy, ale kvalita je spíše střední až nižší. Zrod kambizemě se odehrával pod původními listnatými a smíšenými lesy jako jsou dubohabrové bučiny, jedle nebo smrk. Vyskytují se především ve svazích, vrcholech a hřbetech s nadmořskou výškou v rozmezí 450–800 m n. m. V povodí Odry se však nacházejí spíše na dolní hranici tohoto rozmezí, u Jeseníků a Beskyd.

Podzol – je půda s velmi nízkou přirozenou úrodností. Podzol rozdělujeme na dva typy: horský a nížinný. V daném území se vyskytuje spíše horský podzol, který můžeme nalézt v Oderských vrších a oblastech Nízkého Jeseníku. Tato půda se rozkládá ve vlhkém a chladném klimatu s průměrnou roční teplotou mezi 0–6 °C a vznikala pod jehličnatými, potažmo smrkovými lesy. Základním substrátem jsou povětšinou zvětraliny slabších hornin, žul, rul, svorů a pískovců. Na podzol má obrovský vliv dopadající kyselý a špatně rozložitelný odpad, který tlumí biologické pochody (rozklad organických látek).

Pseudoglej – řadíme mezi půdy semihydromorfní, pro které je typické periodické zvlhčení půdního profilu. Na Ostravsku se vyvinuly pod kyselými doubravami a bučinami. V dnešní době se nacházejí ve středních výškových polohách. Půdotvorným substrátem jsou sprašové hlíny, jílovité a ledovcové sedimenty. V zájmovém území se nacházejí v prostoru jižní části Českého Těšína, Jablunkově a v podhůří Beskyd. (Vopravil a kol., 2010), (Povodí Odry, 2015)

Ostatní typy půd jako je ranker, rendzina, šedozem, hnědozem glej a jiné se v oblasti povodí Odry vyskytují s podílem menším než 5 %. Níže je zobrazeno rozložení půdních typů v celé oblasti, výsledek je zpracován v prostředí ESRI ArcMap, ve kterém došlo k odfiltrování dat půdních typů a následné aplikaci na vymezené území.



Obr. 6 Zobrazení půdních typů v povodí Odry

2.5. Krajinový pokryv povodí

Krajinový pokryv je definován jako fyzický a biologický pokryv zemského povrchu, včetně uměle vytvořených ploch, zemědělských oblastí, lesů, mokřadů a vodních těles. (ČÚZK, 2014)

Povodí Odry po Opavu má celkovou rozlohu 1615 km². 24 % z tohoto území tvoří nezavlažovaná orná půda, 16 % zemědělská plocha s přírodní vegetací a 14 % připadá loukám. Nezanedbatelnou hodnotu mají také smíšené lesy s procentuálním zastoupením lehce přes 11 %. Městská zástavba má však jen o 1 % méně, tedy 10 % zastoupení, což nemalou mírou přispívá k různým vodohospodářským problémům v dané lokalitě. Jsou to právě lesní porosty, které by měly tlumit povodňové vlny a plnit tak důležitou funkci krajinového pokryvu nazývaný jako ochranný faktor půdy.

2.5.1. Charakteristika krajinového pokryvu

Charakteristikou krajinového pokryvu se v Evropě, respektive v České republice zabývá CENIA, neboli CORINE Land Cover. V této práci je použita databáze CLC 2006, která je mapově znázorněna na stránce 20. CORINE vytváří klasifikaci krajinového pokryvu na základě jednotné metodiky – interpretací snímků z družice LANDSAT. Změny krajiny mapuje od roku 1990. (CENIA, 2015)

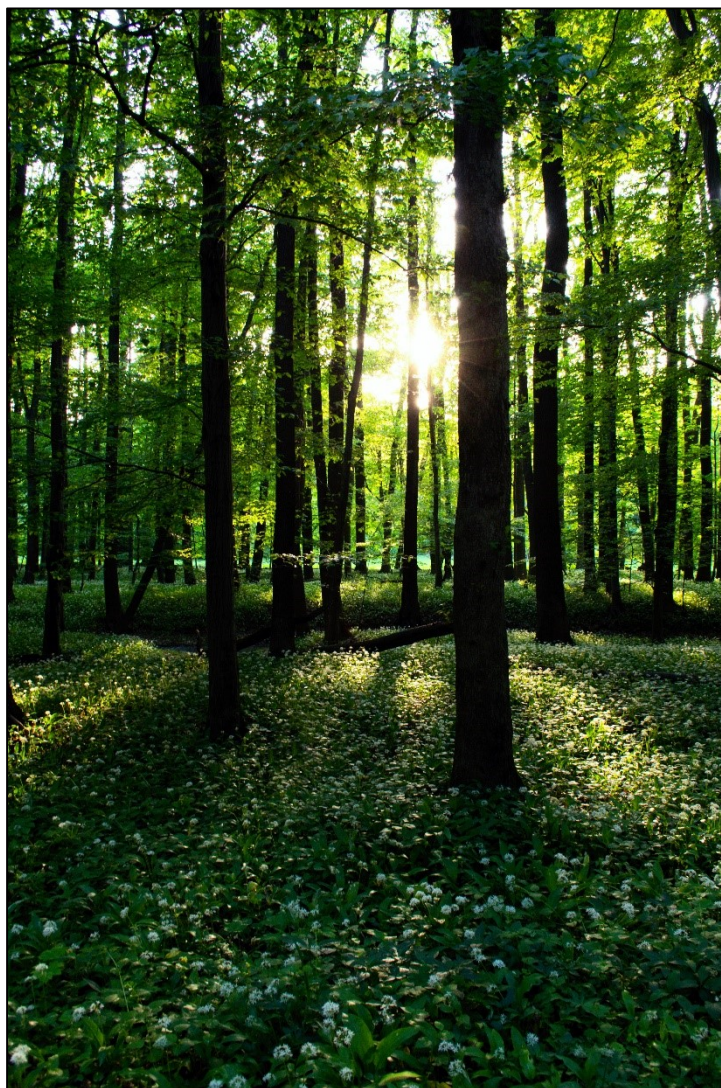
2.5.2. CHKO povodí Odry

Neméně důležitým prvkem na tomto území je výskyt chráněných krajinových oblastí. V povodí Odry se nacházejí celkem tři: CHKO Jeseníky, které se vyskytují v severozápadní části, CHKO Poodří, uprostřed něhož protéká samotná řeka Odra a jihovýchodně se potom rozkládá CHKO Beskydy. Do vymezeného území však spadá jen CHKO Poodří a malá část CHKO Beskyd.

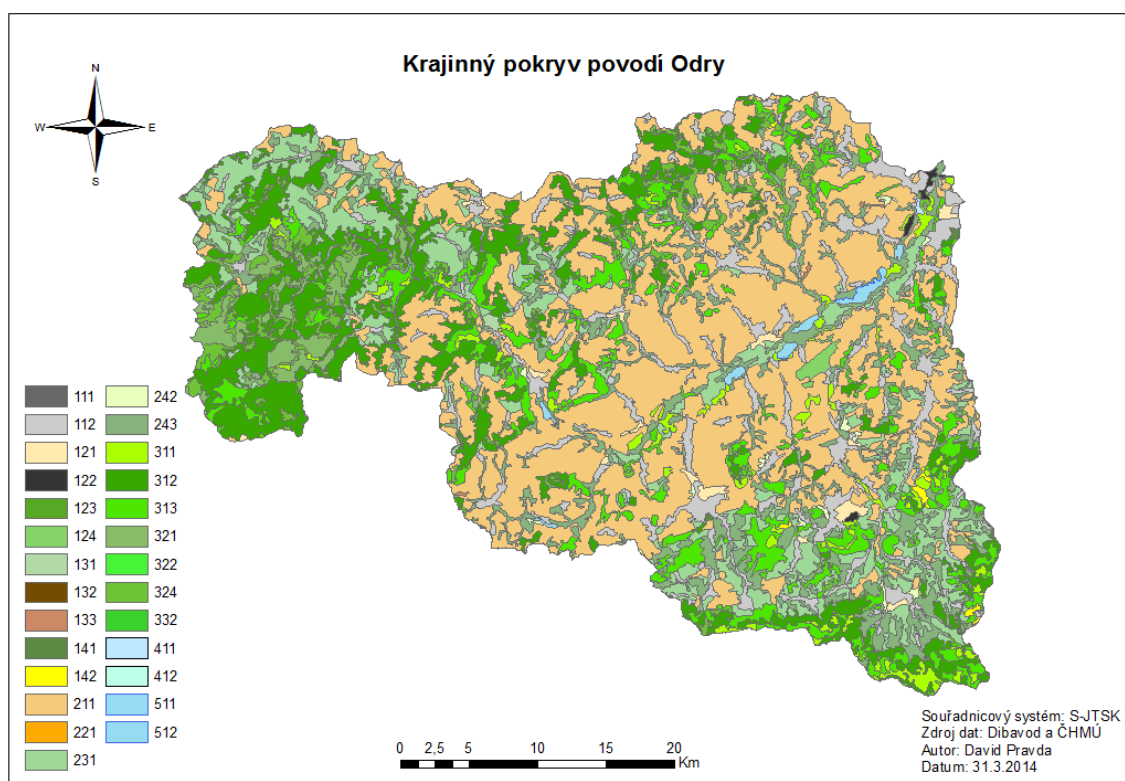
CHKO Beskydy byly vyhlášeny pro své výjimečné přírodní hodnoty, jimiž zbytky původních pralesovitých lesů s výskytem vzácných karpatských rostlin a živočichů

bezesporu jsou. Na tomto územím se však nacházejí také druhově pestré louky, pastviny, unikátní povrchové i podpovrchové krasové jevy. Beskydská krajina má tak, nejen díky těmto podmínkám, mimořádnou estetickou hodnotu. Celá CHKO má rozlohu 1160 km², přičemž do vymezeného území zasahuje asi jen 15 %.

Poodří bylo vyhlášeno chráněnou krajinnou oblastí v roce 1991 a jeho rozloha čítá 82 km². Celé území je tvořeno údolní nivou řeky Odry s pestrým mikoreliéfem a typickým zachovalým vodním režimem s každoročním zaplavováním velkých částí této nivy. Poodří také charakterizuje výskyt mrtvých ramen, jejichž výskyt je spojen s četnými meandry Odry. Dále se zde nachází lužní lesy nebo rozlehlé rybniční soustavy. (Správa CHKO Poodří, 2015)



Obr. 7 Lužní les v květnu, CHKO Poodří, (zdroj: David Pravda, 2012)



Obr. 8 Krajinný pokryv povodí Odry

Vysvětlivky			
111	Městská zástavba souvislá	242	Kultivované plochy
112	Městská zástavba nesouvislá	243	Zemědělská plochy s přírodní vegetací
121	Průmyslové a komerční plochy	311	Listnaté lesy
122	Silnice a železniční tratě	312	Jehličnaté lesy
123	Přístavní plochy	313	Smíšené lesy
124	Letiště	321	Přírodní pastviny
131	Těžební doly	322	Vřesoviště
132	Skládky	324	Nevzrostlé lesy
133	Staveniště	332	Skály
141	Městská zeleň	411	Vnitrozemské mokřady
142	Sportovní a rekreační plochy	412	Rašeliniště
211	Nezavlažovaná orná půda	511	Vodní toky
221	Vinice	512	Vodní plochy
231	Louky		

2.6. Hydrologické poměry

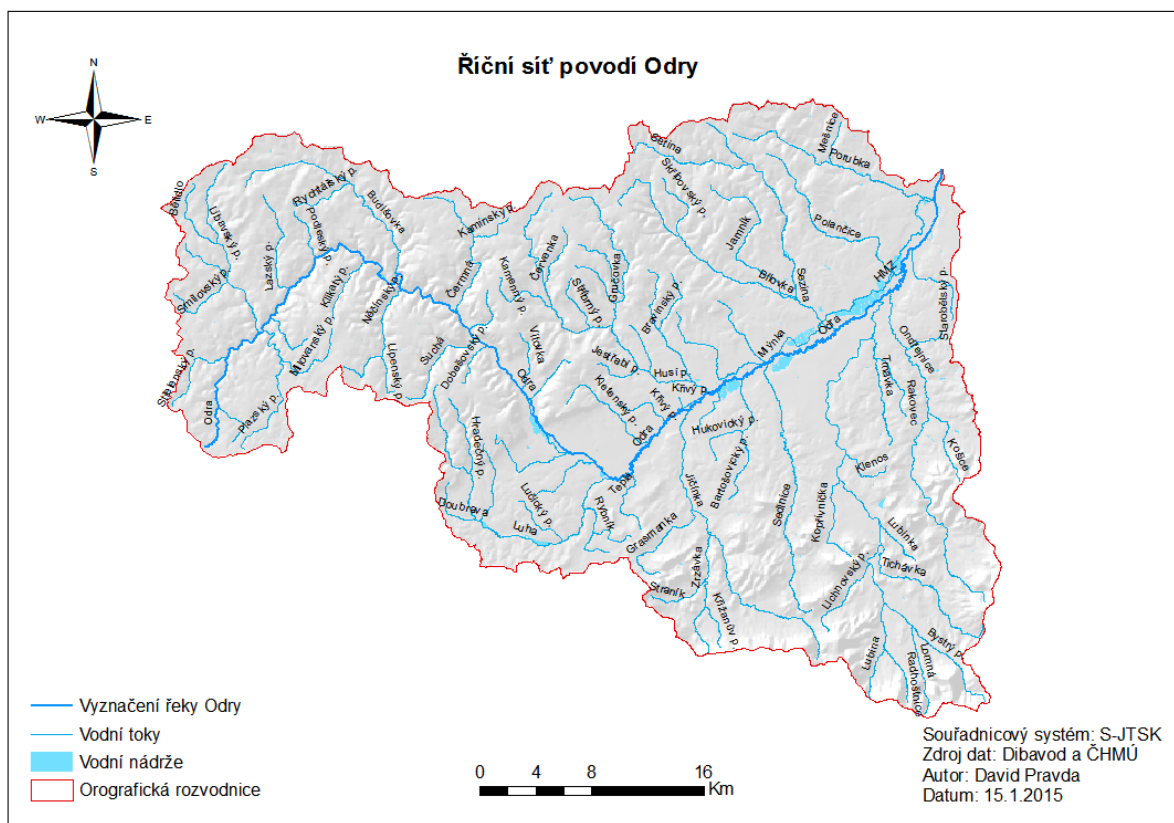
Povodí Odry se dělí na dvě významné části, beskydskou a jesenickou. Beskydská oblast od té jesenické, jak už zaznělo výše, je krom geologického složení odlišná také hydrologicky. Spadá totiž mezi oblasti s nejvyšším výskytem srážek v ČR a při velkém sklonu svahů tak zde poměrně často docházelo k povodním a jiným vodohospodářským problémům jako byla například rozkolísanost průtoků. Vše se výrazně zlepšilo v 80. letech minulého století, kdy došlo k dovršení vzájemné spolupráce údolních nádrží ve vodohospodářské soustavě. Od té doby se poměry na pátečních tocích výrazně změnily. Menší denní průtoky v korytech řek tak podpořily nižší riziko vzniku povodní, které však i přes to nejsou úplnou výjimkou.

Ve vymezeném území se dále nacházejí spíše menší toky, které nepůsobí takové problémy a kromě dolního toku Odry a Opavy je oblast skoupá i na výskyt podzemních vod.

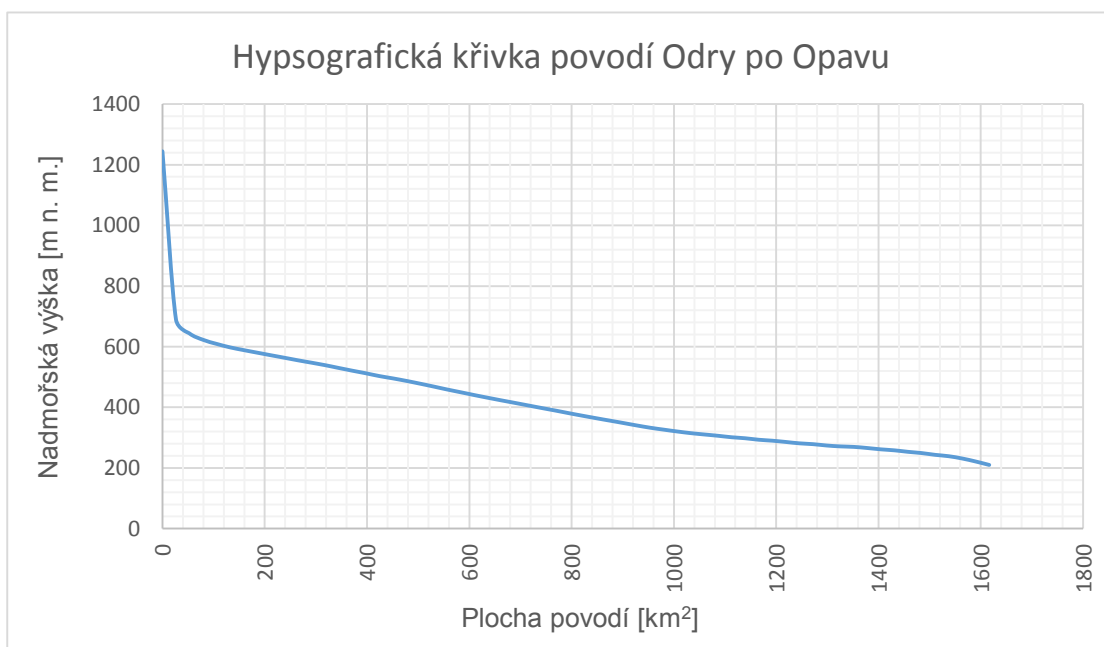
Roční úhrn srážek v povodí Odry čítá okolo 820 mm, z čehož přibližně 300 mm odteče. Průměrný odtokový součinitel tak činí 0,35. (Povodí Odry, 2015). Co se týče průměrného ročního průtoku, ten se například v měrné stanici Svinov pohybuje kolem $12,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. (ČHMÚ, 2015) Dále bylo podle dlouhodobého pozorování zjištěno, že největší odtok řeky Odry je v jarních měsících (březen, duben), kdy představuje až 40 % z celkového ročního odtoku. Podíl ostatních ročních období se pak pohybuje podobně, tedy okolo 20 %. (Meduňová, 2012)

Jak už bylo zmíněno na začátku práce, nejdůležitějším hydrologickým činitelem v dané lokalitě, povodí 3. řádu, je řeka Odra (2-01-01), která pramení v Oderských vrších a v České republice dosahuje délky 132,3 km.

Dále rozlišujeme pravostranné a levostranné přítoky řeky Odry. Mezi pravostranné řadíme celkem 18 přítoků: Smolenský potok, Plazský potok, Mastnický potok, Klikatý potok, Něčinský potok, Suchá, Dobešovský potok, Vraženský potok, Hrabětický potok, Luha, Teplá, Jičinka, Liščí potok, Bartošovický potok, Sedlnice, Lubina, Ondřejnice a Starobělský potok. Z levé strany se do Odry vlévají postupně: Střelenský potok, Libavský potok, Lazský potok, Podleský potok, Budišovka, Čermná, Heřmanický potok, Vítovka, Zlatý potok, Kletenský potok, Křivý potok, Husí potok, Mlýnka, Pustějovský potok, Bílovka, Polančice a Porubka.



Obr. 9 Říční síť povodí Odry



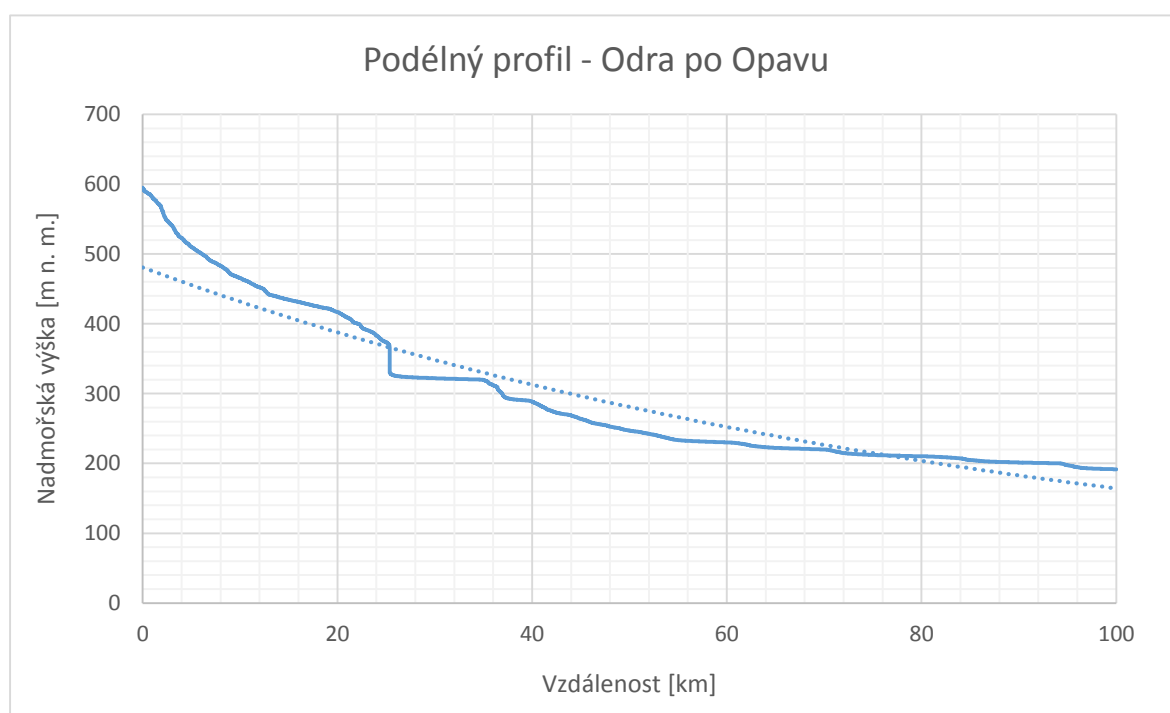
Graf. 1 Hypsografická křivka vymezeného povodí Odry

Na výše zobrazeném grafu je vynesena hypsografická křivka, která vyjadřuje podíl plochy určitých výškových pásem na celkové ploše povodí.

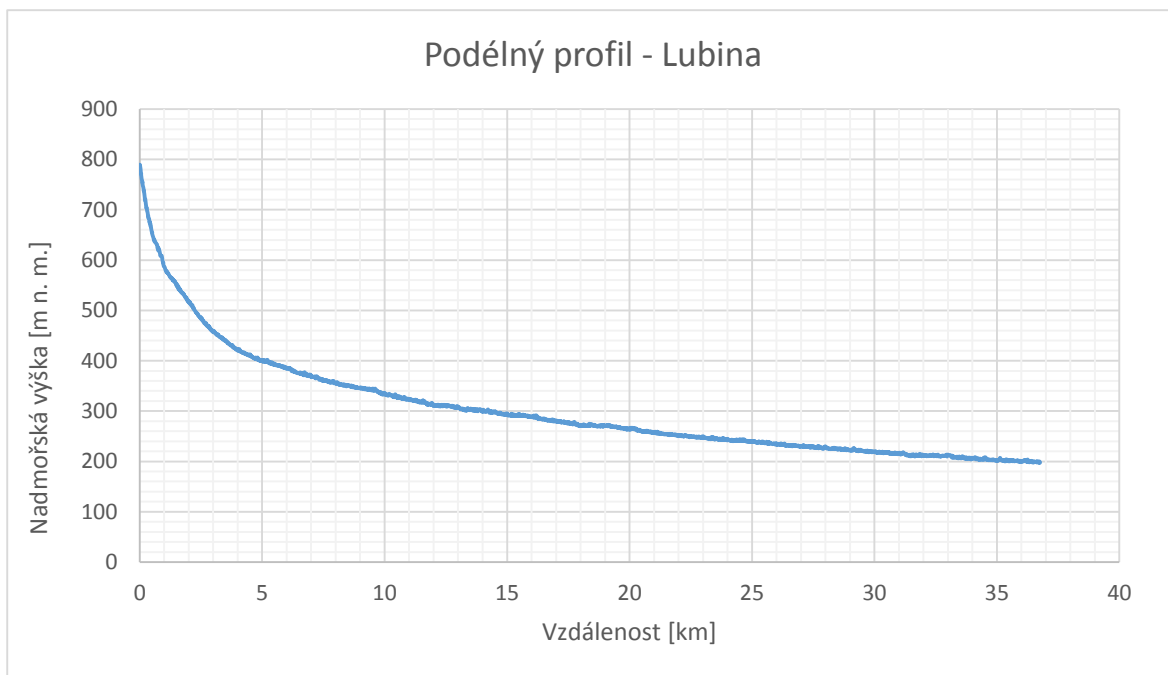
Pomocí programu ArcView jsem dále vytvořil podélné profily pro hlavní řeku v povodí – Odru a následně také pro Lubinu. Postup v programu byl následovný:

1. do programu ArcView se načte DMT, který byl dříve vytvořen v ArcMapu,
2. na zvoleném DMT si vyznačíme úsek zvolené řeky (nejčastěji od pramene po námi vybranou část, v tomto případě se jedná o Odru po Opavu),
3. program ArcView sám vypočítá označený podélný profil, který je možné následně vyexportovat např. ve formátu „dbf“.

Takováto vyexportovaná část se dá importovat do tabulkového procesoru (např. Microsoft Excel) s jehož pomocí můžeme vzniklá data zpracovat do grafu, viz níže.



Graf. 2 Podélný profil řeky Odry po Opavu



Graf. 3 Podélný profil řeky Lubiny

Kromě řek a potoků se zde nachází i mnoho rybníčních soustav, které vznikaly od 14. století. I když během 17. století došlo k jejich částečné likvidaci na úkor zemědělství, později průmyslové revoluci, tak se dodnes řada z nich zachovala a pořád zastupují důležitou roli v krajině. Náhodný výčet rybníků v povodí Odry: Horní a Dolní Bartošovický rybník, Nový rybník, Karlův rybník, Kotvice, Kačák.



Obr. 10 Dolní Bartošovický rybník (zdroj: David Pravda, 2011)

2.7. Klimatické poměry

Klima se dá zjednodušeně definovat jako dlouhodobý stav počasí. Je ale mnoho různých faktorů, které mají na tento zdánlivý celek obrovský vliv. Ať už se jedná o oceánské proudy, vlastnosti zemského povrchu, nadmořskou výšku nebo činnost člověka, která za posledních tisíc let enormně stoupla a tento trend i nadále pokračuje.

Česká republika, tedy i povodí Odry se rozprostírá na severní polokouli v podnebí mírného pásu, pro něhož je typické střídání čtyř ročních období – jaro, léto, podzim, zima. Hlavním činitelem vývoje podnebí v ČR je výšková členitost, kdy se stoupající nadmořskou výškou klesají teploty a dochází k vyšším srážkám.

2.7.1. Srážkové poměry

Srážky jsou částice vody, které vznikají kondenzací vodní páry při rosném bodu v ovzduší. Rozdělují se na horizontální (rosa, jinovatka, námraza) – jsou objemově zanedbatelné a vertikální (déšť, sníh, kroupy). (Švec, 2011)

Měření vertikálních srážek probíhá ve standardizovaných srážkoměrech, které jsou rozmístěné po celé ČR. Množství srážek je udáváno v mm, $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$. Srážkoměry ale nejsou jedinou měřicí možností. V současnosti se také analyzují data z meteorologických radarů, které pomáhají k přesnému určení intenzity srážek. V ČR se vykytují dva radary, stanoviště Skalky u Protivanova ve střední Moravě a Brdy v Praze. Celou tuto infrastrukturu spravuje ČHMÚ.

Během standardního klimatologického období, za které je podle WMO považováno rozmezí let 1961–1990, spadlo na celé území povodí Odry v průměru 818,1 mm srážek za rok. Největší maximální úhrn byl zaznamenán na stanici Lysá hora, kde v jednom roce spadlo rekordních 1390 mm. Naopak nejmenší srážkový úhrn se naměřil na Opavsku, ve srážkoměrné stanici Litultovice – 557 mm za rok. Během roku se počasí nad ČR celkem výrazně mění, za srážkově nejbohatší měsíc je z dlouhodobého hlediska považován červen s průměrem 113,8 mm. Nejméně srážek pak dopadá v lednu (43,8 mm). Povodí Odry se však nevyhýbají ani extrémům. 292 cm vysoká sněhová pokrývka na Pradědu z roku 1976 hovoří sama za sebe. (Povodí Odry, 2015)

2.7.2. Teplotní poměry

Teplota, stejně jako počasí, se v čase neustále mění. Průměrná roční teplota vzduchu v této oblasti se pohybuje kolem 7,1 °C. Nejchladnější je leden (-3,1 °C), na opačné straně se nachází měsíc červenec s průměrnou teplotou okolo 16,3 °C. Velice extrémní teplota byla naměřena v červenci 1983 na stanici Javorník, 37 °C, a v lednu roku 1987–32,8 °C – Rejvíz. (Povodí Odry, 2015)

2.7.3. Klasifikace klimatu

Existuje celá řada klasifikací klimatu, v České republice se nejčastěji používá charakteristika klimatických oblastí podle Quitta. Ta vychází z klimatologických dat za období 1901–1950 a 1926–1950. Z těchto let byla použita průměrná teplota měsíců ledna, dubna, července a října. Území ČR bylo rozděleno na čtverce o délce strany 3000 m a následně proběhla digitalizace prostřednictvím děrných štítků. Ze souboru se poté vytrídily čtverce s podobnými hodnotami všech klimatických charakteristik, ze kterých se vytvořily 3 hlavní skupiny (teplá, mírně teplá a chladná). Hranice 13 klimatických oblastí pak byly vytyčeny podle největšího počtu změn mezi jednotlivými čtverci. (Moravec, 1998), (Pivec, 2010)

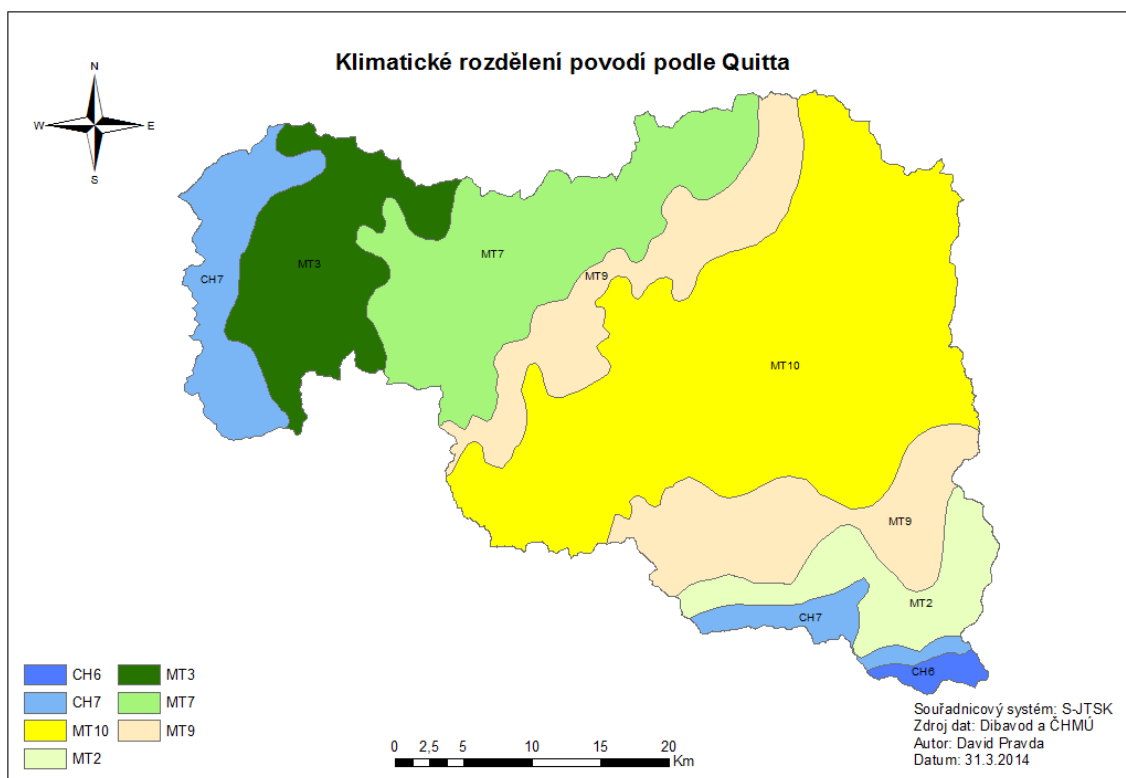
	TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ			
	T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá	
LetD	50-60	60-70	20-30			30-40		40-50			0-20	10-30		
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160							80-120	120-140	
MD	100-110		110-130	130-160	110-130	130-140	110-130				160-180	140-160		
LD	30-40		40-50					30-40			60-70		50-60	
°C I	-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3	-4 - -5	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3		-6 - -7	-4 - -5	-3 - -4	
°C IV	8-9	9-10	6-7						7-8		2-4		4-6	
°C VII	18-19	19-20	16-17					17-18			12-14	14-15	15-16	
°C X	7-9	9-10	6-7				7-8				4-5	5-6	6-7	
s≥1mm	90-100	80-90	120-130	110-120		100-120				90-100	120-140	140-160	120-130	
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450			400-450			350-400	600-700		500-600	
s VZ	350-400	300-350	450-500	350-450			400-450			350-400	600-700		500-600	
sp	40-50		80-100	60-100	60-80	60-100	60-80		50-60		140-160	120-140	100-120	
o>0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160	120-150				130-150		150-160		
o<0,2	40-50	50-60	40-50			50-60	40-50				30-40	40-50		

Tab. 2 Charakteristika klimatických oblastí ČR dle Quitta (Quitt, 1971), převzato z (Unucka, Meteorologie, 2012)

Vysvětlivky k charakteristice klimatických oblastí ČR dle Quitta 1971			
LetD	počet letních dnů	°C X	průměrné teploty v říjnu
HVO	počet dnů s teplotou alespoň 10°C	s ≥ 1mm	počet dnů se srážkami alespoň 1mm
MD	počet mrazivých dnů	s VO	srážkový úhrn ve vegetačním období
LD	počet letních dnů	s VZ	srážkový úhrn v zimní období
°C I	průměrné teploty v lednu	sp	počet dnů se sněhovou pokrývkou
°C IV	průměrné teploty v dubnu	0 > 0,8	počet zatažených dnů
°C VII	průměrné teploty v červenci	o < 0,2	počet jasných dnů

Ve vymezeném území povodí Odry se rozkládá celkem 7 těchto oblastí. Postupně od západu se jedná o CH7, MT3, více na sever potom MT7 a MT9. Oblast MT10 prostupuje od jihozápadu po severovýchod území, na ní navazuje opět MT9, která tak obklopuje MT10. Jižním směrem pak registrujeme MT2, CH7 a nejspodnější CH6. Tímto výpisem se tak dá konstatovat, že sledované území spadá spíše do mírně teplejší jednotky klimatického rozdělení s obklopením chladných částí na západě a jihu hranic.

Níže uvedená mapa zobrazuje hranice oblastí podle Quitta. Výsledný post-processing proběhl v ArcMapu za pomoci datového formátu shapefile, podle kterého jsem určil hranice daných klimatických oblastí. Následně, za použití tabulky dle Quitta 1971, jsem aplikoval reálné spektrum barev a vytvořil výslednou realizaci, která byla nakonec vyexportována ve formátu „png“.



Obr. 11 Rozdělení povodí podle klimatických oblastí dle Quitta 1971

3. Úpravy vodních toků a jiné činnosti v povodí Odry

Vznik vodních toků je spojen s velmi specifickými územními poměry. Důležitou roli zde hraje členitost terénu, hydrogeologická situace, vegetační pokryv nebo srážko-odtokový proces, kdy voda dopadá na zemský povrch a pomocí gravitace stéká po svazích. Samozřejmě zde dochází ještě k dalším a dalším procesům. Všechny tyto vlivy však mají jednoho jediného společného jmenovatele, jsou vytvářeny přirozeně. Většina vodních toků po celém světě si s nadsázkou žila svým vlastním životem, dokud nepřišel člověk. Všechno začalo osídlováním kolem větších řek, kde bylo dostatek vláh a tudíž výborné podmínky například pro začínající zemědělství. Člověk ale nelenil a postupně vnikal do tajů světa techniky a začal vymýšlet nové nástroje a stroje a čím dál více se nehodlal smířit s občasným zaplavováním těchto výdobytků moderní doby. Tak byly započaty počátky regulačních prací na vodních tocích.

Na území povodí Odry se první regulace vodních toků datují ke konci 19. století. Mimořádná povodeň z roku 1880 donutila tehdejší slezské obyvatelstvo k prvním rozsáhlejším výstavbám protipovodňových hrází. V roce 1891 pak Zemská vláda připravila velký regulační program na úpravy všech větších toků a bystřin v povodí Odry, který byl vztažen k průplavnímu spojení Odry s Dunajem. Nápad vybudování průplavu s sebou přinesl odborníky vybavené základními znalostmi hydrauliky a tak mohl vzniknout první ucelený návrh, který však měl nejasnou technickou koncepci. Dodnes je tento projekt vodního koridoru jen na papíře, některé zdroje sice uvádějí jeho vybudování do roku 2039 ale těžko usuzovat téměř 20 let dopředu.

Důvodem úpravy vodních toků, jak už bylo zmíněno, je snaha o co možná největší odvedení a zamezení přístupu povodňové vody k majetku v ochraňovaném území. Není však v lidských silách reálně připravit vodní tok na všechny možné povodňové průtoky. Proto se také už i v minulosti prováděly regulační práce jen na převedení určité velikosti průtoku. Pohledem dnešní situace se přibližně jednalo o převod pětiletého průtoku – průtok, který může nastat nebo být překročen nejpravděpodobněji jednou za 5 let.

Dalšími, neméně důležitými důvody úprav je stabilizace říčních koryt a širší územní zájmy jako je vedení komunikací, občanské a průmyslové výstavby, apod. Stabilizace koryt se dnes provádí hlavně v horských oblastech. Pro celé toto odvětví je vyčleněn specifický vodohospodářský obor, jehož cílem je zmírnit nebo zastavit korytovou erozi. (Brosch, 2005)

3.1. Úpravy vodního toku a vodohospodářské stavby řeky Odry

Velká část kolem území řeky Odry byla odpradáвна každoročně zaplavována, někde šířka povodňové vody sahala až k 1 km, což mělo za následek menší osídlení. Nejvíce se to týkalo oblasti ploché údolní nivy toku. Nynější situace je o mnoho klidnější. Z celkové délky 101,3 km, kterou spravuje povodí Odry, bylo upraveno 48,1 km, tedy něco málo přes 47%. K ochraně před povodněmi také slouží vybudované inundační hráze v celkovém rozsahu 28,1 km. (Povodí Odry, 2015) I přes celkem rozsáhlou regulaci, která zde za posledních 125 let probíhala, existují některá přirozená místa a ta jsou zaplavována dodnes.



Obr. 12 Upravený břeh řeky Odry v Košatkách, (zdroj: David Pravda, 2012)

Od pramene po obec Mankovice má řeka bystřinný charakter, dále zde převažují spíše meandry, které se v největší míře vyskytují v Polanské nivě – CHKO Poodří, ve střidmějším duchu pak pokračují až po Ostravu. Od soustav Jistebnických rybníků se dále severovýchodním směrem nacházejí také slepá ramena. Údolí Odry se pyšnilo velkými zemědělskými plochami, a i když se nepoužívají už tak hojně jako kdysi, svou důležitou roli zde mají pořád. Za úpadkem zemědělství ve větší míře stojí rozvíjející se průmysl od začátku 18. století, zvláště na Ostravsku a Karvinsku jsou dopady na životní prostředí a vše, co s ním souvisí, obrovské. Na území povodí Odry je zaznamenáno i několik protrhnutí meandrů, někdy přirozenou cestou, jindy zase uměle, nejstarší dochovaný záznam pochází z konce 18. století, kdy Jacobi d'Eckolm nechal nad mostem, který byl vedl do Nové Vsi, udělat průkop aby zabránil zničení pravého křídla této důležité spojnice. Vůbec, rozdělování hranic podle často měnících se průběhu toků, nejen Odry, bylo hodně zajímavé a většinou vedlo k neshodám mezi sousedními zeměmi.

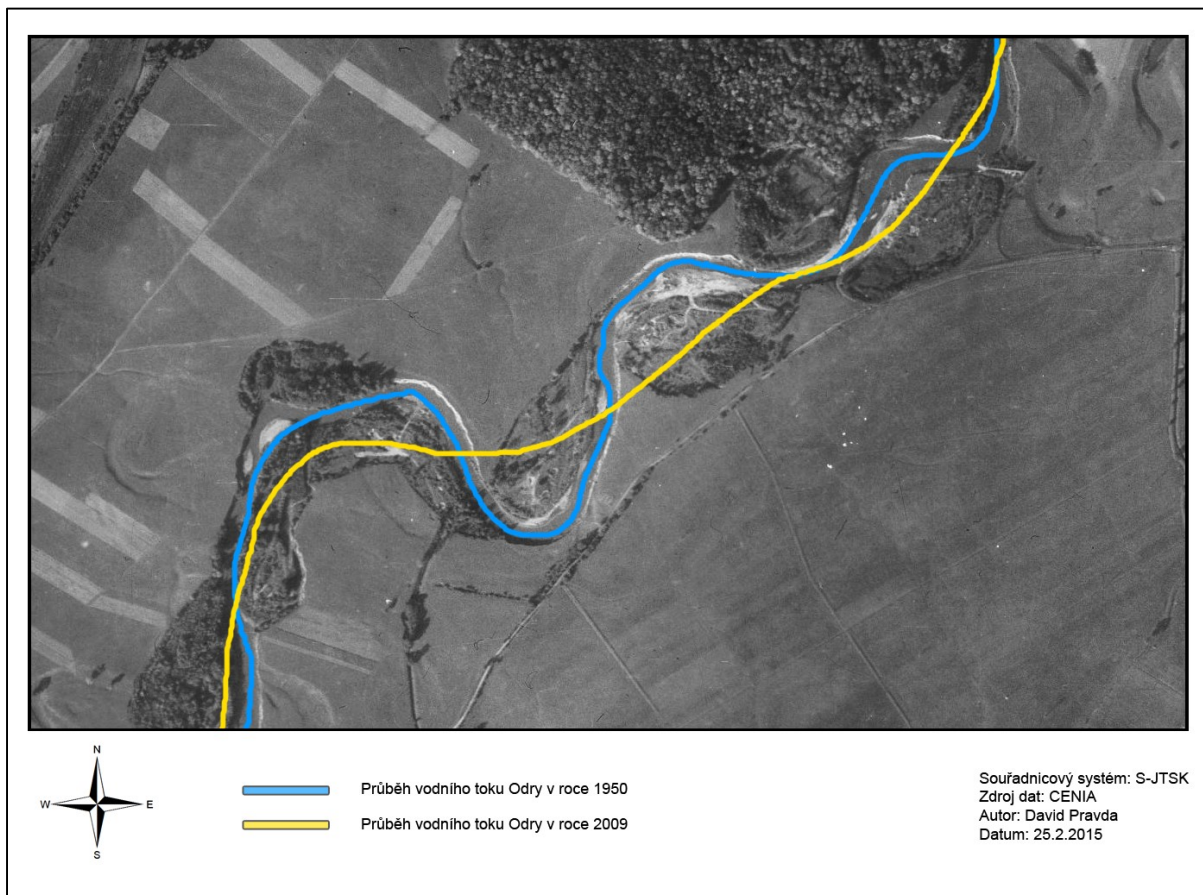
Po povodni v roce 1880, která ale nezpůsobila nikterak velké škody, bylo postupně postaveno několik hrází a jezů: ve Spálově-Klokočůvku, Jakubčovicích, Odrách, Mankovicích, Jeseníku nad Odrou, Bernarticích, Suchdole nad Odrou, Bartošovicích, Studénce – zde je pevný jez, který zabezpečuje odběr vody do náhonu, který zásobuje celou Jistebnickou rybníční soustavu. Další jezy jsou ještě v Polance nad Odrou, Svinově a Koblově. Pro stabilizaci podélného sklonu Odry bylo vybudováno celkem 15 spádových objektů, mezi které patří stupně, balvanité skluzy a prahy.

V roce 1938 byl na řece postaven první plavební jez, který ale neměl nikterak dlouho životnost. Koblovská stavba se totiž už od počátků potýkala s nesouhlasem báňského úřadu kvůli tzv. ochrannému pilíři, ve kterém sice neprobíhala těžba ale okolí Hrušova, Přívozu a Petřkovic zasahující právě pod Odru bylo už i tak značně vytěžováno a Koblovský jez se postupně začal propadat. Vytvořil tak překážku na vodní hladině a proto musel být nejdříve zvednut a následně v roce 1970 demontován. (Brosch, 2005), (Povodí Odry, 2015)

V globálním měřítku pro povodí Odry po Opavu se dá říci, že většina regulací, dílčích či větších, přestála bez větší újmy až do povodně v roce 1997. Průtok tehdy několikanásobně přesáhnul kapacitu říčního koryta a na několika místech došlo k přelití a rozplavení hrází. Více o tomto tématu v kapitole o povodních.

Na následující mapce je zobrazen průběh vodního toku Odry směřující severovýchodně od Polanky nad Odrou k dnešnímu Polanskému lesu. Snímek je z roku 1950

(průběh toku je vyznačen modře) a k němu je přidán průběh koryta z roku 2009 (žlutě). Za skoro 60 let jsou zde vidět obrovské regulační práce v podobě proboření meandrů s následným narovnáváním Odry.



Obr. 13 Demonstrace průběhu vodního toku Odry v letech 1950 a 2009

3.2. Úpravy na některých přítocích řeky Odry

O rozdílných odtokových a charakteristických poměrech na levém a pravém břehu řeky Odry se v této práci už psalo. Ve zkratce je zapotřebí si připomenout, že u většiny levostranných přítoků se prameniště nacházejí v nižších nadmořských výškách, mají tudíž menší sklon a koryta těchto řek často vytvářejí meandry.

V povodí Odry se uvádějí čtyři významnější přítoky: Lubina, Ondřejnice, Jičínka a Husí potok. První 3 zmiňované patří mezi pravostranné přítoky (prameniště ve vyšších nadmořských výškách, větší spád a vyšší průtoková rychlost).

Na první jmenované řece Lubině se počáteční úpravy prováděly za účelem stabilizace koryta, a to mezi roky 1892 – 1910 a dále pak až po první světové válce, zvláště v oblasti nad Příborem a u obce Košatka. Zde a pak také v dalších úsecích byla navýšena kapacita koryta, ze stávajících $107 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $127 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dále se ve 30. letech rozvinuly hrázenářské práce na horním úseku Lubiny a Ondřejnice.

Okolo 30. let minulého století se vodohospodářská činnost upřela také na řeku Ondřejnici ve Staré vsi a později i na Jičínku v Novém Jičíně. Úpravy Jičínky, stejně jako u mnoha dalších řek, probíhaly po etapách. Práce započaly v roce 1963 u kraje oderské nivy a jejich konec se mapuje u ústí Zrzávka v letech 1986.

Až koncem druhé světové války se regulace dočkal také Husí potok, který však, stejně jako další regulované toky, začal vinou hospodářského vývoje po konci války chátrat a postupem času došlo k velké devastaci na tomto i všech dalších úsecích.

Modernější úpravy vodních toků byly na řadě až s výstavbou dnešních silnic a také kvůli potřeby územního uspořádání v hospodářsky důležitých lokalitách v oblasti Novojičínska. Nejčastěji se jednalo o úpravy na pravých přítocích řeky Odry. (Brosch, 2005)

3.3. Vliv hornické činnosti v povodí Odry

Ze studie Rámcové řešení vodohospodářských opatření vyplývá, že do roku 2000 poklesne terén na Ostravsku a Karvinsku o 17 – 20 metrů. Nic ta zásadního se naštěstí nepotvrdilo, na různých nejvytěžovanějších místech jsou však k vidění nosné pilíře z důlních závodů vyčnívající na povrch, což vyjadřuje celkem jistou představu o poklesech terénu na těchto územích.

Hornická činnost je ale i přes to v celém povodí Odry spíše výjimečná. Z větší části totiž zasahuje jen do severovýchodní části vymezeného území, které je součástí většího celku Ostravsko-Karvinské pánve. Za zmínku stojí snad jen poddolovaný zakleslý silniční most

přes řeku Odru v Ostravě-Svinově. Byl vybudovaný v padesátých letech 20. století a postupem času se z něj stala spíše překážka při odtoku povodňových vod.

4. Povodňové události v povodí Odry

Pojem povodeň se dá zjednodušeně charakterizovat jako vylití vody mimo koryto řeky. Děje se tak například při zvýšení průtoku a následném překročení průtočné kapacity koryta nebo při snížení průtočné kapacity koryta, nejčastěji vlivem přehrazení.

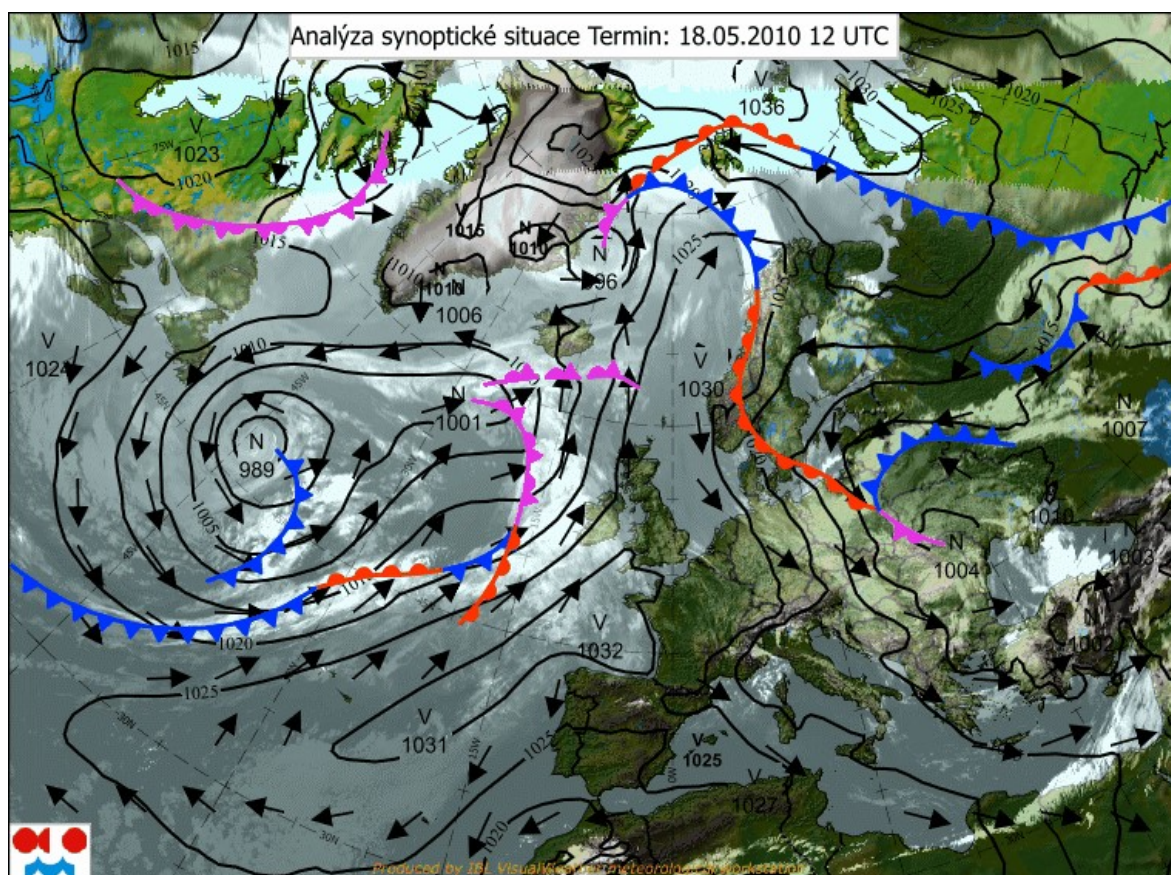
V povodí Odry se většina povodní odehrává v letních měsících. Nejčastější příčinou jsou dešťové srážky nadměrné velikosti a doby trvání. Z dlouhodobého pozorování bylo zjištěno, že povodně se v dané oblasti vyskytují buď na straně Beskyd, nebo Jeseníku, jen zřídka kdy na obou stranách řeky Odry. Pokud se tak stane, jedná se o povodně extrémních rozměrů, které mají obrovský dopad na Ostravskou pánev, zvláště v místech, kde dochází k soutoku hlavních toků a tudíž ke styku povodňových vln.

Je až trochu zarážející, že vznik povodní na tomto místě je v posledních letech spojen s podobným meteorologickým jevem, kdy se nad centrálním středomořím vytvoří rozsáhlá tlaková níže, která se následně přesouvá přes balkánský poloostrov směrem k severovýchodu. Většinou však ještě na jihovýchodě dojde k pozastavení a vyplnění této tlakové níže, a v důsledku toho dochází k plošným srážkám a celkovému ovlivňování počasí nad Maďarskem, Slovenskem, Polskem a Českou republikou.

Povodně však ve většině případech nevytvářejí jen mimořádně intenzivní srážky. Počítat se musí také s dalšími faktory, jakými je například orografie a její vliv na návětrné efekty, které, jak již bylo v této práci několikrát zmíněno, jsou zvláště na Beskydské straně s jejími pravostrannými přítoky Odry velmi rizikové. Dalším důležitým faktorem bývá hloubka půdního horizontu. V horských pásmech Beskyd a Jeseníku jde zpravidla o mělkou půdu v řádech 30 – 40 cm. Takto malá vrstva zeminy nedokáže za žádných okolností pojmout extrémní srážky, a proto zde dochází v obrovské míře k povrchovým odtokům. V oblasti Beskyd se za alarmující považují srážky o střední vydatnosti 150 mm v délce trvání 2 dny, přičemž vyvinutý lesní porost je schopen pojmout intenzitu srážek jen kolem 40 – 60 mm celkového objemu. Zajímavostí je analýza retenčních vodních kapacit v krajině

provedená po roce 1997, která potvrdila hodnocení povodně na řece Rýn v 90. letech, a to, že vhodnější krajinnou skladbou lze povodňový účinek extrémních srážek snížit jen v rozmezí 4 – 7%. Naopak, jako pozitivní a velmi přínosné prvky v krajině byly vyhodnoceny přirozené inundační území, které jsou za vyšších průtoků pravidelně zaplavovány. Při velkých povodních to zjednodušeně znamená zmírnění kulminace povodňové vlny. Tím dojde k zabránění ještě většímu rozlití v přilehlých městech a obcích, které by bezpodmínečně následovalo. Při malých povodních se zaplaví jen dané zátopové území bez zásahu do urbanizovaných oblastí.

Na níže uvedené synoptické situaci z května 2010 je k vidění grafické znázornění cirkulačních procesů. Tento stav jen dokládá příhodnost pro vznik povodňových situací ve střední a východní Evropě. V České republice se za podobných cirkulačních podmínek odehrály povodně v červenci 1997 na Moravě nebo v srpnu 2002 v Čechách. (VH dispečink Povodí Odry, státní podnik, 2010)



Obr. 14 Analýza synoptické situace ze dne 18. května 2010 12UTC, zdroj: Zpráva Povodí Odry

4.1. Významné povodně 19. století

Výskyt povodní se datuje prakticky ke vzniku naší Země a hydrologii jako takové. Není to jev až tak ničím výjimečný, s rostoucí populací však roste i počet obydlených míst na naší planetě a proto se může zdát, že povodně přicházejí s čím dál ničivější silou a ztrátách na životech než kdysi. Nejstarší dochovanou zprávou o povodni je považována ta z roku 1472 na Jesenicku, žádné jiné podrobnosti však známy nejsou.

Následující kapitola se ale zabývá povodněmi z 19. století. Tehdy už lidé pozorovali a hlavně metodicky zaznamenávali dané události. Podle historických záznamů se v letech 1800 – 1900 odehrálo celkem 6 větších povodňových situací v povodí Odry nebo jeho blízkosti.

4.1.1. Srpen 1813

Je více než zajímavé, že hned ta první, která se odehrála v srpnu roku 1813, se řadí mezi jednu ze tří největších letních povodní v 19. století. Další, i když jen zajímavou spekulací je informace o podobném průběhu jako v roce 1997. Podle vodočtu v Krapkovicích byla tehdy voda jen o 2 metry níže, než jaká bude o téměř 180 let později.

4.1.2. Březen 1830 a září 1831

V březnu roku 1830 velká voda ohrozila výstavbu Vítkovických železáren. 12. – 14. září 1831 se Ostravou prohnala tzv. dešťová povodeň, která na soutoku Odry a Ostravice v Přívoze vytvořila menší jezero. Některá níže položená obydlí, stáje a stodoly byly zaplaveny až k střešním vikýřům.

4.1.3. Srpen 1854

Opět léto 1854 a velká voda na levé straně řeky Odry zaplavila část Jaktařského a Ratibořského předměstí Opavy. Podle K. Fischera se tato povodeň řadí mezi tři největší v tomto století.

4.1.4. Neprokázaná povodeň v roce 1878

V roce 1878 se měla odehrát povodeň ještě větších rozměrů, než v roce 1997. Na jednom domě se totiž našla značka, která převyšuje kulminační úroveň této novodobé povodně. Tuto událost se však nepodařilo prokázat, protože písemné prameny v Bělé v Mikulovicích z roku 1878 mlčí.

4.1.5. Srpen 1880

Další a poslední povodeň z roku 1880 se řadí na druhou příčku co do velikosti, větší už byla jen velká voda z 97. V podstatě nastal i podobný scénář, začátkem srpna se slunečné počasí změnilo v silnou vichřici, která s sebou přinesla i hustý déšť, který ani v následujících dnech neustával. 4. srpna byl na Ostravici naměřen denní úhrn 179,2 mm a během období od 3. – 5. srpna pak 301,9 mm. Kulminační průtok v Bohumíně se pohyboval na hranici 1374 m³/s. Pro představu, průměrný roční průtok je zde okolo 41,6 m³/s. Velká voda se dostala do všech přilehlých měst a obcí kromě hlavního náměstí a Kostela sv. Václava v centru města. (Kozák, Státníková, Munzar, Janata, & Hančil, 2007)

4.2. Významné povodně 20. století

4.2.1 Červenec 1903

První polovina 20. století se nesla ve znamení jen jedné větší povodně a to z roku 1903, o které se opět hovoří v užší souvislosti s povodní na začátku léta 1997. Jako v roce 1997 se také psal červenec a hlavním viníkem byly opět trvalé srážky. Pro celý Ostravský region představovala tato velká voda obrovskou katastrofu a někdy až nevyčíslitelné škody, ze kterých se lidé vzpamatovalo téměř celé 20. století. Jako tomu v takových situacích bývá, nejvíce škod voda napáchala podél hlavních toků. Paralela s mladší povodní spočívala také v rozsáhlém vícedenním trvání srážek, který navíc podpořil jeden, dodnes platný rekordní srážkový úhrn na stanici Nová Červená Voda v oblasti Jesenicka, kde bylo naměřeno 9. července 1903 240,2 mm = 240,2 litrů na m². Rozvodněná samozřejmě nebyla jen řeka Odry ale i Opava a Ostravice. Co se ale Odry ve Svinově týče, byl zde v tento rok

naměřen 2. největší kulminační průtok ve 20. století. Jedinou hmatatelnou památkou na tuto povodeň jsou dnes už jen železné kruhy na domech, umístěné 130 cm vysoko, které v okolí Staříče sloužily pro připevnění loděk hasičského družstva.

4.2.2 Červenec 1966

Uplynulo dalších 63 let a nebyly by to povodně na Odře, kdyby se zase neodehrály v létě. Dvanáctidenní ničivá síla tentokrát podpořila zbourání 58 mostů. Vše začalo 18. července, o 10 dní později však srážky mírnily, 29. července však opět došlo k zesílení a během šesti hodin byla většina obcí znovu zaplavena. Pro představu, hladina Odry v Ostravě stoupla o 109 cm.

4.2.3. Červenec 1997

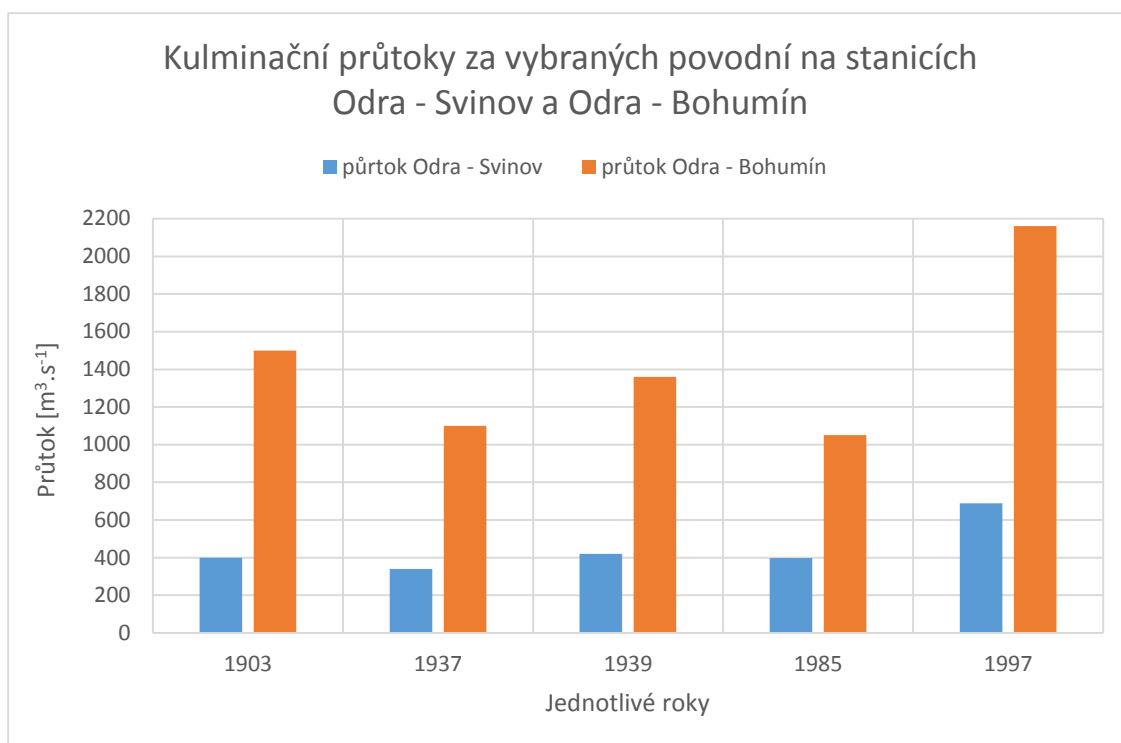
V povodí Odry je nejznámější, největší a do moderní doby zasahující povodeň z roku 1997, která začala v noci ze 4. na 5. července. Voda se tehdy začala zvedat po obrovském přívalu nových a trvalých srážek. Na celkem čtyřech stanicích se denní srážky přehoupaly přes 200 mm a na stanici Lysá hora (1317 m n. m.) dokonce zaznamenali zatím rekordní maximum 233,8 mm srážek (od 6. 7. – 7. 7.). Pojem extrémní si povodně vysloužily zejména díky měření tzv. čtyřdenních úhrnů. Ty totiž celkem na čtyřech místech (Šance, Lysá hora, Frenštát pod Radhoštěm a Rejvíz) překonaly do té doby největší český rekord z roku 1897 v Jizerských horách. Během 12 dní, kdy voda zaplavila část Ostravy, Bohumín, Opavu, Krnov, Jeseník, Přerov a Olomouc došlo na mnoha místech k dosažení 100 letého průtoku (stoleté vody – předpoklad, že se např. za 1000 let vyskytne povodeň přibližně 10 krát). Tato povodeň byla zvláštní nejen kulminační výškou hladiny ale také svou dobou trvání. Od prvních dešťů, tj. 4 – 5. července po ustálení hladin řek v korytech 17. července.

V celosvětovém měřítku způsobila povodeň v roce 1997 největší ekonomické škody ze všech živelných katastrof v daném roce. V České republice přišlo o život 50 lidí, v Polsku pak 54. (Kozák, Státníková, Munzar, Janata, & Hančil, 2007)



Obr. 15 Povodně 1997, Nová Ves, nahoře soutok Odry s Opavou, zdroj: Geomorfologie 1. ročník, (doc. Ing. Jan Jelínek, Ph.D.)

Jako zakončení kapitoly významných povodní ve 20. století jsem vytvořil graf, který srovnává kulminační průtoky v jednotlivých letech. Vybral jsem stanici Odra – Svinov a pro srovnání jsem přidal stanici Odra – Bohumín. Jak je z grafu vidět, do povodně v roce 1997 se průtoky na obou stanicích střídaly a na stanici Odra – Svinov nepřesáhly $420 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V roce 1997 je k vidění značný výkyv od jinak celkem pravidelných kulminačních průtoků v jiných letech a taky proto je tato povodeň považována za nejničivější v povodí Odry.



Graf. 4 Kulminační průtoky za vybraných povodňových událostí na stanicích Odra -Svinov a Odra - Bohumín

4.3. Významné novodobé povodně

V České republice se po roce 1997 vyskytlo celkem pět dalších povodní. (Český hydrometeorologický ústav Praha, 2014) Za zmínku určitě stojí velká voda v Čechách a okolí v roce 2002, která se svou velikostí přiblížila právě roku 1997. V povodí Odry by se za významnější mohly považovat povodně z roku 2009 a 2010. Já jsem si pro analýzu odtokových poměrů vybral povodeň z roku 2009.

4.4. Povodeň v červnu, červenci 2009

4.4.1. Meteorologická situace

Vše začalo 21. 6., kdy se nad centrálním středomořím začala tvořit mělká tlaková níže. Ta vznikla ze studeného vzduchu, který prostupoval od severozápadu. Dne 22. 6. se

talková níže přesunula směrem nad Balkánský poloostrov. Mezi tím k nám kolem této tlakové níže proudila velmi vlhká vzduchová hmota, která byla extrémně labilní a vytvářela tak podmínky pro vznik trvalejších konvektivních srážek s vysokou intenzitou. Tato extrémní srážka spadla ve večerních hodinách dne 24. 9.2009 také na Nový Jičín, kde vyvolala velmi rychlou lokální povodeň na vodních tocích Luha, Jičínka a Sedlnice. Povodeň na všech třech tocích výrazně překročila stoletý průtok. Následky podél těchto toků byly katastrofální, o život přišlo 9 lidí.

Podobou situaci, jen o dva dny později si prošla i jesenická strana, nejvíce zasaženo bylo povodí Bělé a Vidnavky, kde byl zaznamenán cca 50letý průtok. Zde zemřeli 2 lidé.

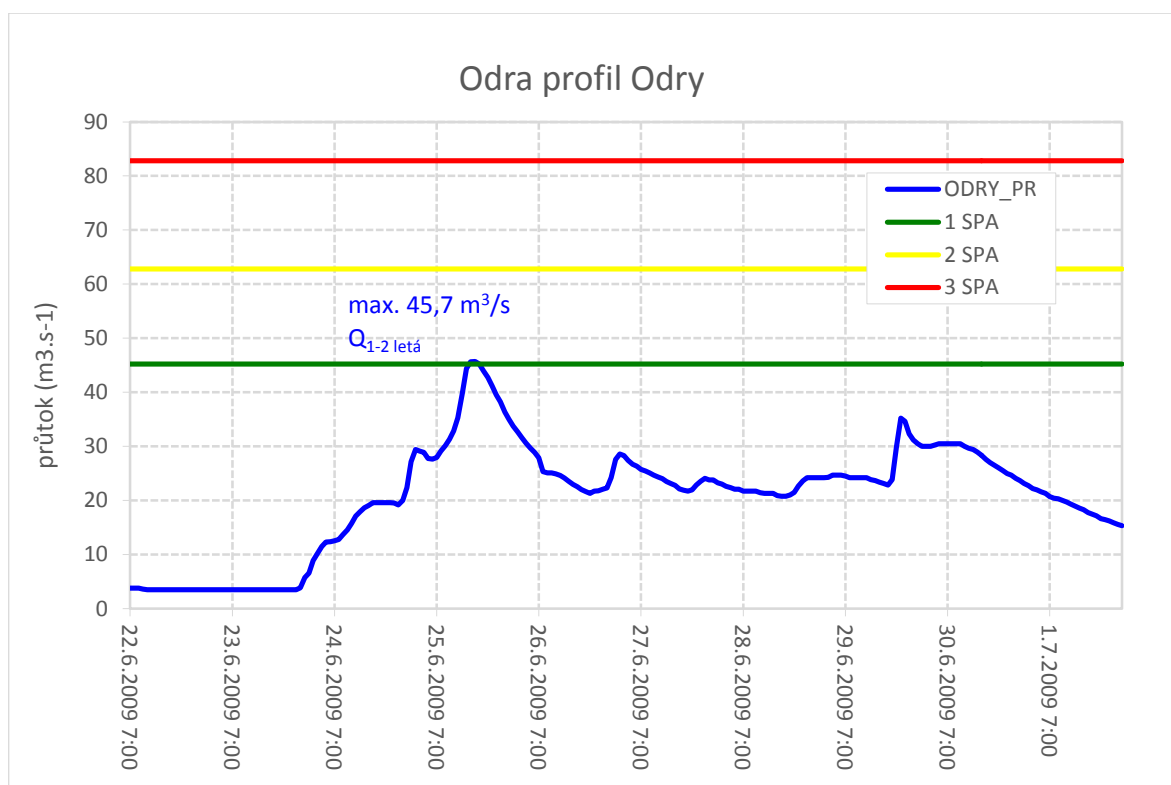
2. 7.2009 a opět podobná situace jako z předešlých dnů, obrovské množství srážek zvedlo hladiny řek tentokrát na Husím potoce ve Fulneku (mezi 16. a 17. hodinou zde spadlo 44,5 mm srážek, byl vyhlášen 3. povodňový stupeň a průtok se pohyboval okolo hodnoty $35,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což téměř odpovídalo hodnotám stoleté vody. Pro srovnání, aktuální průtok, tj. 13. 4.2015 se pohybuje kolem $0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. (Český hydrometeorologický ústav, 2015), (VH dispečink Povodí Odry, státní podnik, 2009)

4.4.2. Hydrologická situace

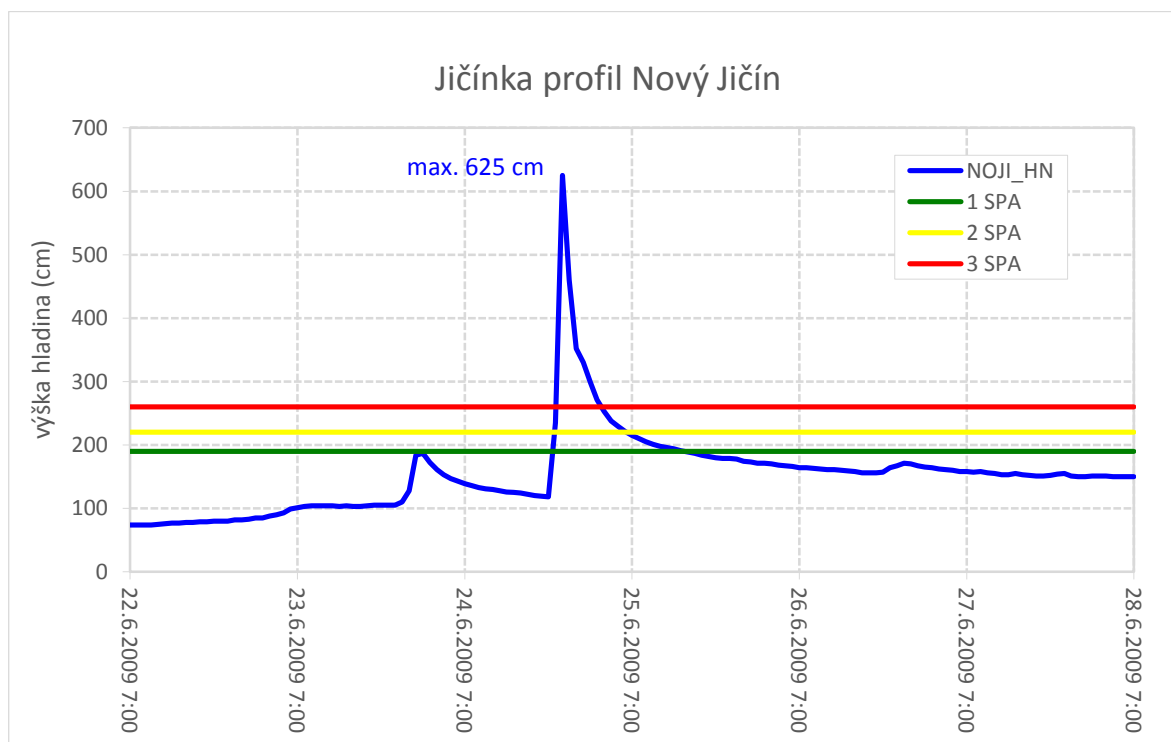
Na celém území povodí Odry byly nejvýznamnější srážky s vysokou intenzitou. V tabulce (viz. Příloha 1) je zobrazen týdenní srážkový úhrnu k 22. 6.2009 s následným rozepsáním do jednotlivých dní, až do 3. 7.2009.

4.4.3. Hydrologická situace na vodních tocích

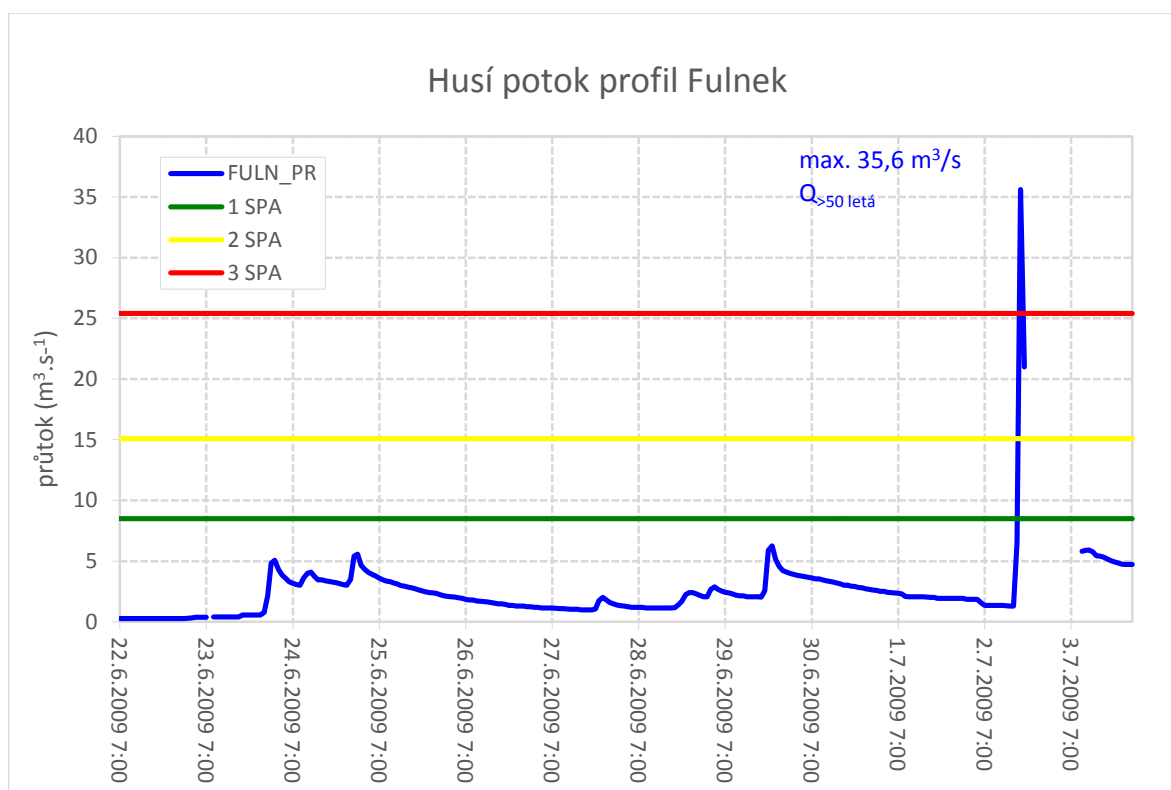
Do následující kapitoly jsem zařadil čtyři grafy, kromě stanice u Nového Jičína (tady je zajímavější výška hladiny během 6 dnů) jsou zde další tři grafy zobrazující průtoky na jednotlivých stanicích (Odra – profil Odry, Husí potok – Fulnek, Odra - Svinov). Následně provedu porovnání průtoků mezi stanicí Odra – profil Odry a Odra – Svinov a dále intenzitu srážek mezi stanicí ve Veřovicích, kterými protéká řeka Jičínka a Odrou ve Svinově. Z grafu o úhrnech srážek během 12 dní vyplývá, že více mm napadlo ve Veřovicích na řece Jičínce (celkem 141,1 mm), což více méně potvrdilo lokální extrémnost v oblasti kolem Nového Jičína.



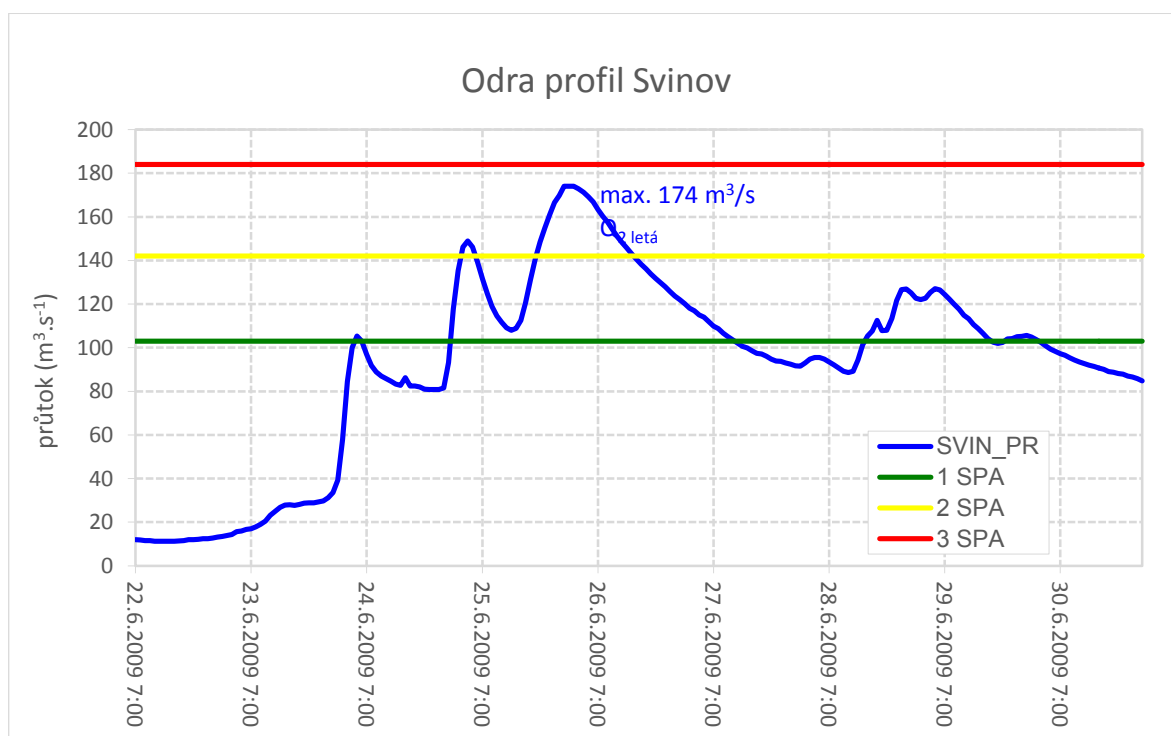
Graf. 5 Průtoky během povodní 2009 na Odře - profil Odry, upraveno podle Grafy PR
(Zpráva povodí Odry)



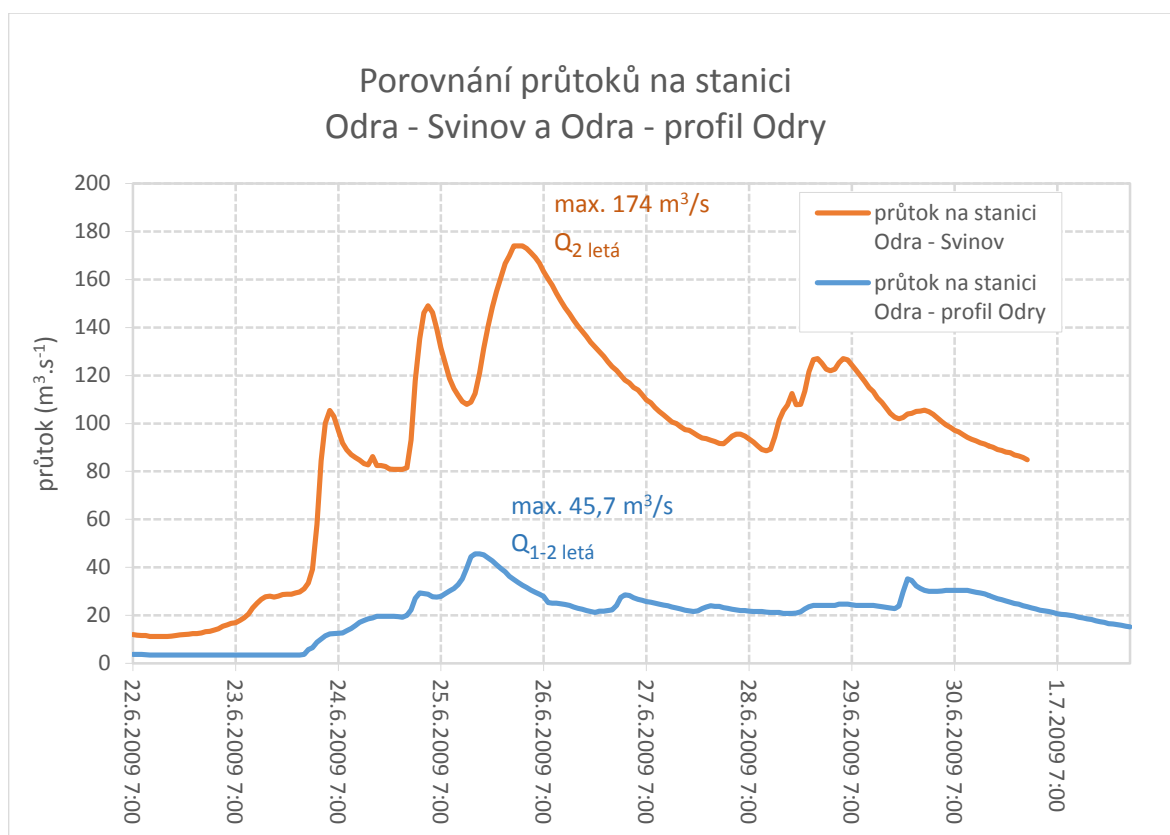
Graf. 6 Výška hladiny během povodní 2009 na stanici v Novém Jičíně, upraveno podle Grafy PR
(Zpráva povodí Odry)



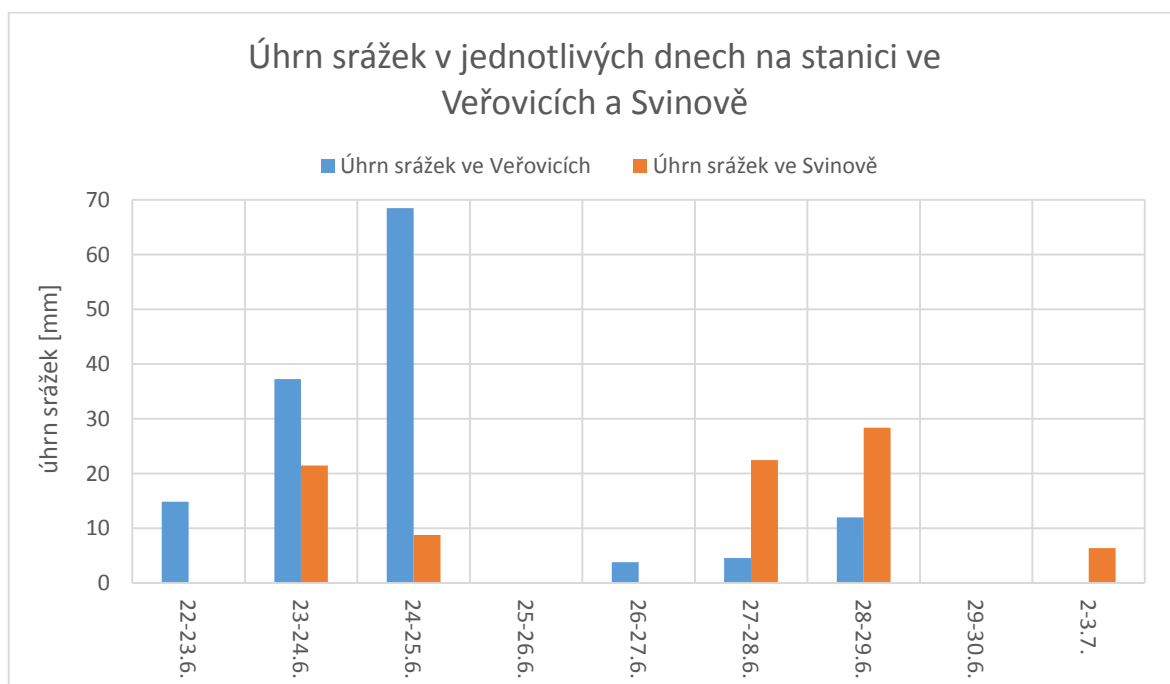
Graf. 7 Průtoky během povodní 2009 na Husím potoku ve Fulneku, upraveno podle Grafy PR
(Zpráva povodí Odry)



Graf. 8 Průtoky během povodní 2009 na stanici Odra - Svinov, upraveno podle Grafy PR
(Zpráva povodí Odry)



Graf. 9 Porovnání průtoků během povodní 2009 na stanicích Odra - Svinov a Odra - profil Odry, upraveno podle Grafy PR (Zpráva povodí Odry)



Graf. 10 Porovnání úhrnu srážek během povodní 2009 na stanici ve Veřovicích (Jičínka) a Svinově (Odra), upraveno podle Grafy PR (Zpráva povodí Odry)

4.4.4. Zaznamenané rozlivy

Ve vymezené oblasti povodí Odry se v červnu a červenci 2009 voda rozlila na celkem 9 místech. Zajímavostí může být fakt, že rozlivy jsou zaznamenány v přibližně stejném poměru na Jesenické i Beskydské straně.

Vodní tok	Obec
Luha	Jeseník nad Odrou
Jičínka	Nový Jičín
Jičínka	Kunín
Husí potok	Fulnek
Husí potok	Stachovice
Husí potok	Hladké Životice
Sedlnice	Ženklava
Sedlnice	Závišice
Sedlnice	Sedlnice

Tab. 3 Zaznamenané rozlivy ve vymezeném území povodí Odry, upraveno podle Zpráva povodí Odry

5. Využití programových prostředků

Při zpracování této bakalářské práce jsem použil tyto programové prostředky.

5.1. ArcMap 9.3

ArcMap je centrální aplikací v ArcGis Desktop. Tato aplikace slouží pro veškeré mapově orientované úloh, prostorových analýz a editací dat včetně kartografie. ArcGis Desktop je sada integrovaných a navzájem spolupracujících softwarových aplikací – ArcMap, ArcCatalog a ArcToolbox.

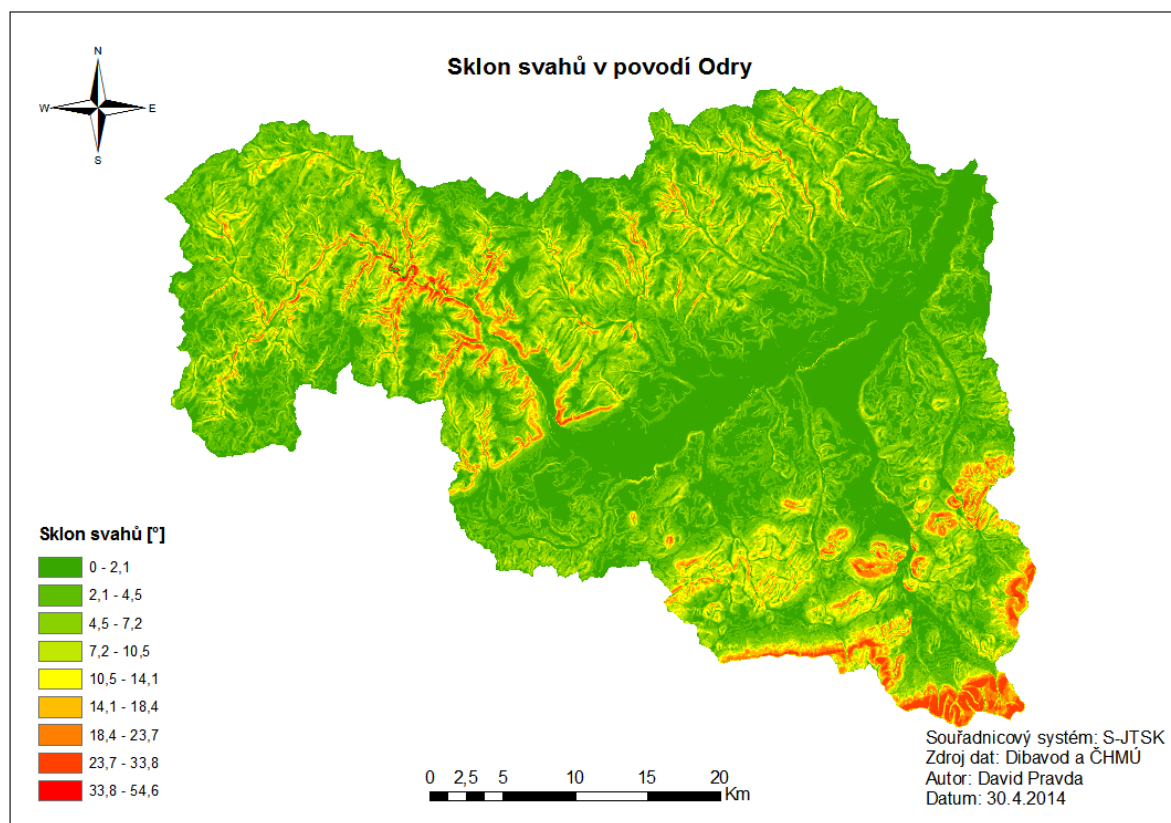
Pomocí ArcMapu jsem například vytvořil níže zobrazené morfometrické a hydrologické analýzy.

5.1.1. Sklonitost svahů (SLOPE)

Sklon svahu je jedním z nejpoužívanějších morfometrických ukazatelů reliéfu. Používá se zejména pro určení rychlosti a množství odtoku vody po reliéfu. Sklon reliéfu se dá definovat jako úhel, který svírá dotyková rovina k danému bodu s horizontální rovinou. Na naší Zemi se jedná o hladinu světového oceánu. Sklon se vyjadřuje ve stupních, popřípadě v procentech ($45^\circ=100\%$). Postup pro vytvoření analýzy sklonitosti svahů je následující:

1. do ArcMapu naimportuju digitální model terénu povodí Odry
2. pomocí nástroje ArcToolbox vyberu položku „Raster Surface“ a v ní funkci „Slope“
3. Jako „Input raster“ zvolím náš digitální model terénu a potvrdím „OK“
4. ArcMap následně se vypočítá sklonitost svahů pro vymezené území povodí Odry

Červeně jsou vyznačeny svahy se sklonem od $33,8^\circ$ do $54,6^\circ$, tedy nejprudší. Spektrum dále pokračuje až k odstínům zelené, přičemž nejtmavší zelená značí velmi nízkou nebo žádnou sklonitost.



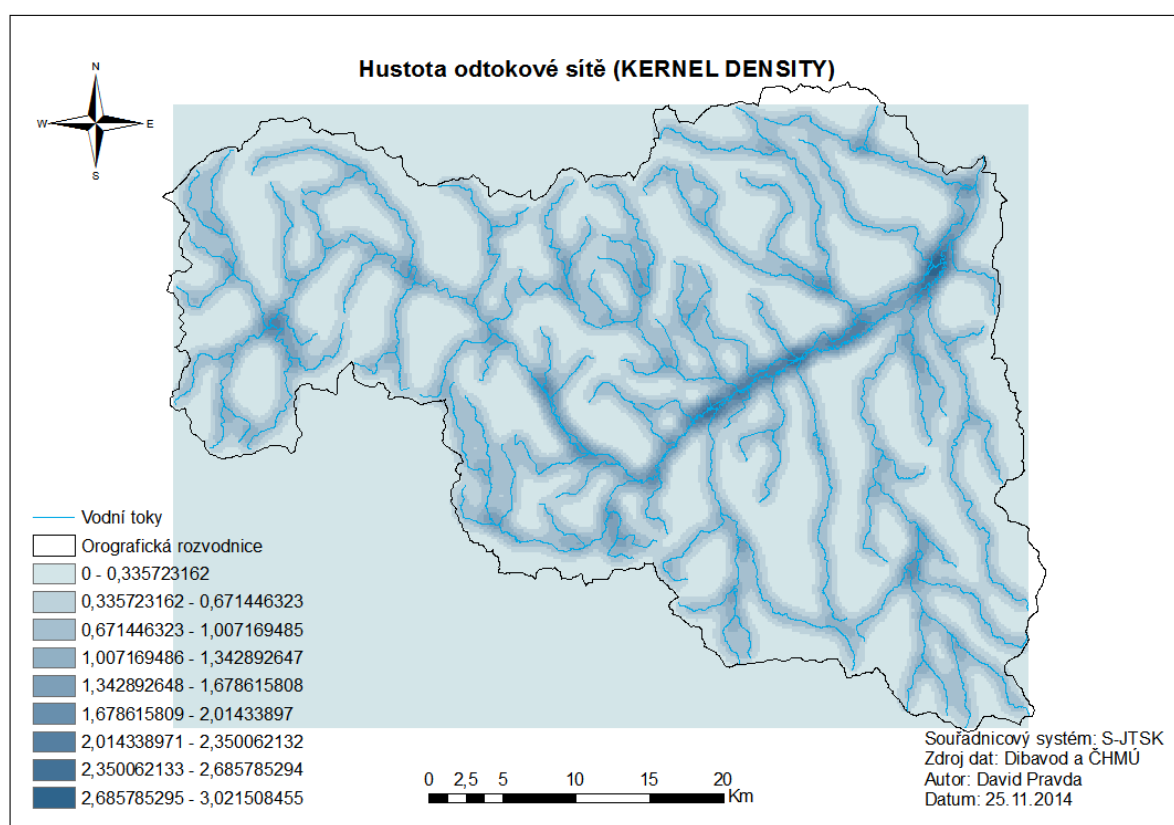
Obr. 16 Sklonitost svahů v povodí Odry (metoda SLOPE)

5.1.2. Hustota odtokové sítě (KERNEL DENSITY)

Kernel Density se v ArcMapu používá pro výpočet hustoty lineárních a bodových prvků a od jednoduchých výpočtů se odlišuje tak, že hustota zvoleného prvku se počítá pro každou buňku rastru (i v okolí zvoleného prvku). Nejvyšší hodnota je ve středu buňky a směrem do stran se snižuje. (Synková & Kožaná, 2012) Postup k vytvoření této analýzy:

1. Do ArcMapu importujeme digitální model terénu a vodní toky ve formátu shapefile
2. Postupně klikáme na Spatial Analyst Tools – Density – Kernel Density
3. Do „Input point or polyline features“ vybereme vodní toky daného území a potvrdíme OK
4. ArcMap vypočítá hustotu odtoku říční sítě, která v povodí Odry vypadá následovně

Tmavá modrá barva značí místa s největší hustotou odtoku v dané oblasti. Světlejší místa naopak s nižší hustotou. Další morfometrické a hydrologické analýzy se nacházejí v příloze.



Obr. 17 Hustota odtokové sítě (metoda KERNEL DENSITY)

5.2. GRASS GIS

Zkratka označuje „Geographic Resources Analysis Support System“. GRASS GIS je software určený pro postprocessing geoprostorových dat, analýz, vytváření mapových podkladů apod. Je dostupný zcela zdarma přímo na oficiálních stránkách produktu, takže je tedy volně šiřitelný a jedná se o tzv. open source program. V současné době používá jak v akademické, tak komerční sféře. Pomocí GRASS GIS se dá například spočítat LS faktor (L znamená faktor délky svahu, S faktor sklonu svahu) pro povodí Odry. Postup tvorby této analýzy vypadá následovně:

1. Založíme nový projekt v GRASS GIS
2. U DMT, který máme ještě otevřený v ArcMapu klikneme na položku „Properties...“
3. Vybereme záložku „Extent“ a opíšeme všechny souřadnice světových stran do GRASS
4. Podle záložky „Source“ si ověříme velikost buněk a popřípadě změníme v GRASS GISU na stejné hodnoty a potvrdíme
5. Do GRASS GIS naimportujeme DMT povodí Odry v ASCII formátu
6. Dále pokračujeme v tomto pořadí: Rastr - Hydrologické modelování - Analýza Povodí (r.watershed)
7. Tento modul spočítá potřebný LS faktor (vynásobený 100), který hraje důležitou roli ve zkoumání například vlastnosti tvorby kinetické energie povrchového odtoku daného povodí
8. Rastr faktoru LS vydělíme 100 pomocí 3D rastrového kalkulatoru
9. Výsledek exportujeme jako ESRI ASCII GRID a poté zpátky importujeme do ArcMapu, kde ho převedeme zpět do rastru. Výsledný LS faktor je zobrazen v příloze.

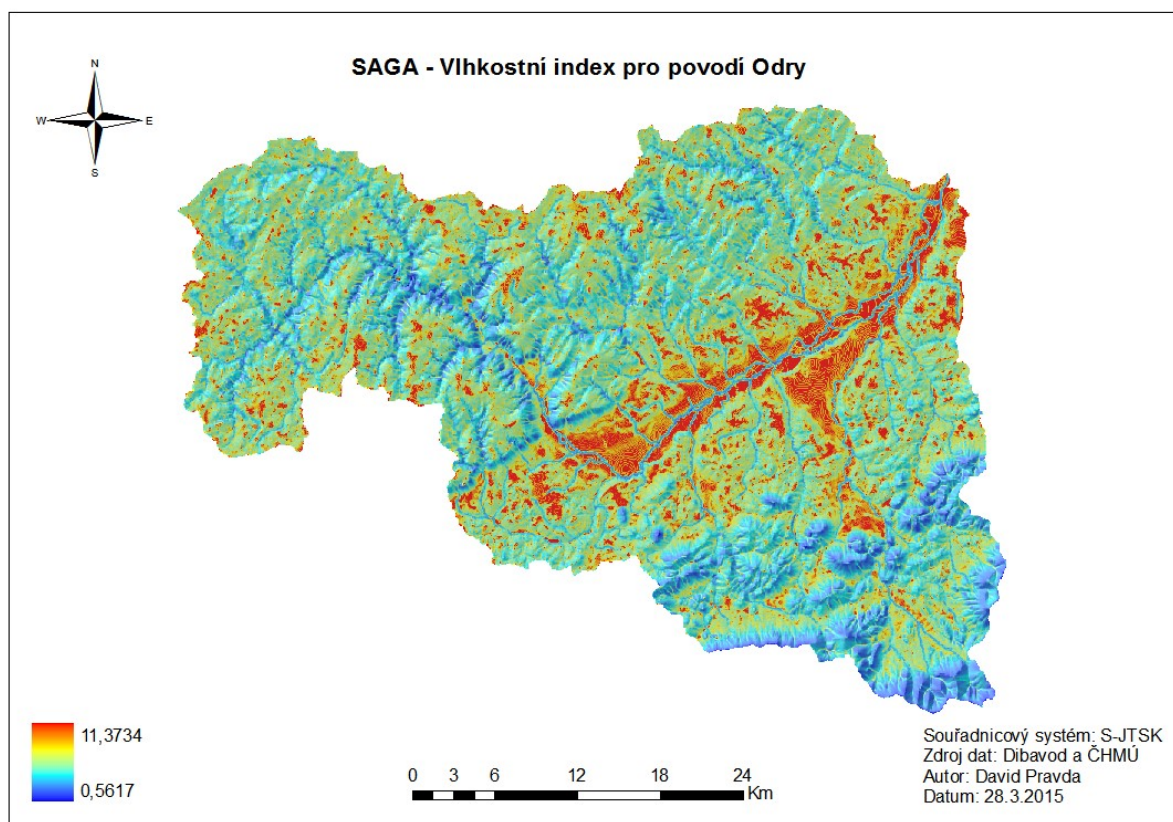
5.3. SAGA GIS

SAGA, neboli System for Automated Geoscientific Analyses je geografický informační systém, který pracuje s prostorovými daty a soustředí se na provádění jejich algoritmů, které převádí do vizuální podoby (rastrová data, převod mezi rastrovými a vektorovými daty). Jedná se open source, který je programovaný pro operační systémy Windows a Linux. V programu SAGA GIS jsem provedl analýzy SAGA vlhkostního indexu (STWI) a topografického vlhkostního indexu (TWI). Postup pro vytvoření SAGA vlhkostního indexu je následující:

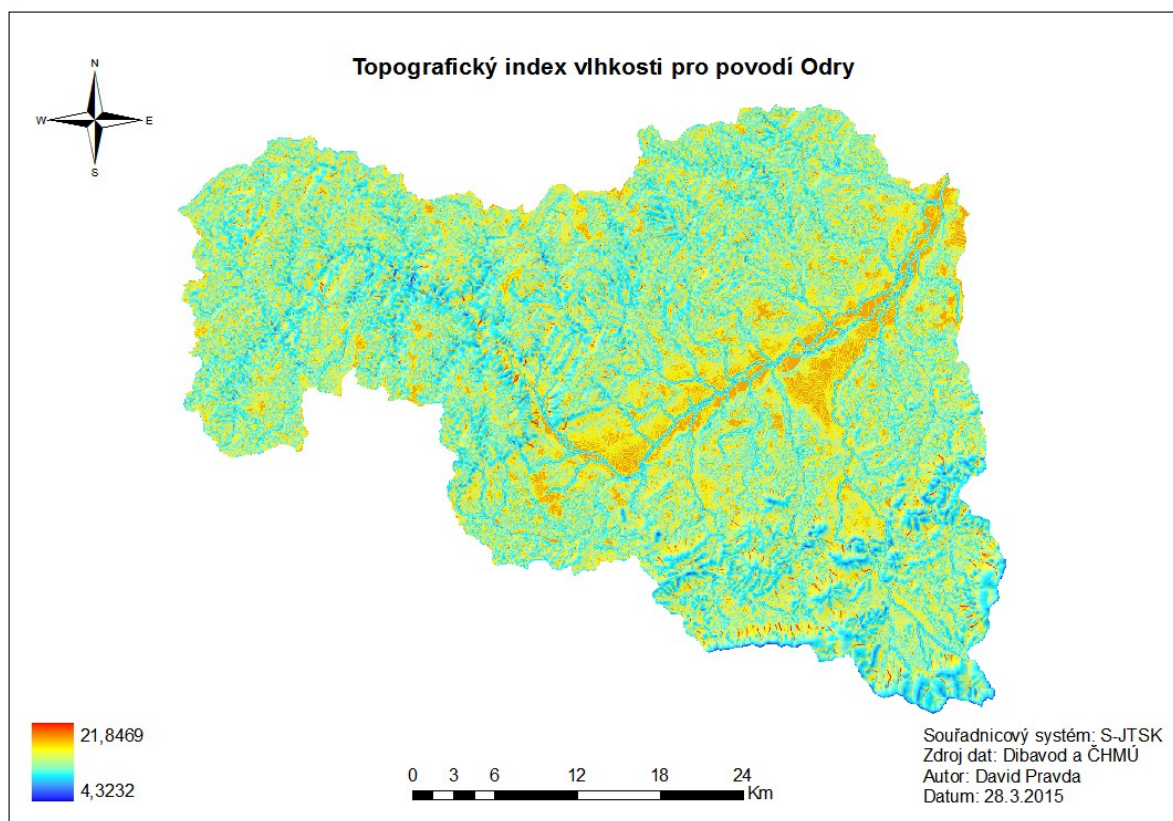
1. Importujeme DMT povodí Odry ve formátu ASCII (Import ESRI Arc/Info Grid)

2. Dále pokračujeme Terrain Analysis - Hydrology – SAGA Wetness index
3. Zvolíme Grid System, který je předdefinovaný našim DMT a do políčka „Elevation“ vybereme náš digitální model terénu
4. Program SAGA GIS provede spolu s výpočtem Wetness indexu i sklon a orientaci svahů
5. Následně provedeme export (ESRI Arc/Info Grid) a v programu ArcMap nainportujeme pomocí nástroje ArcToolbox – Conversion Tools – To Raster – ASCII to Raster

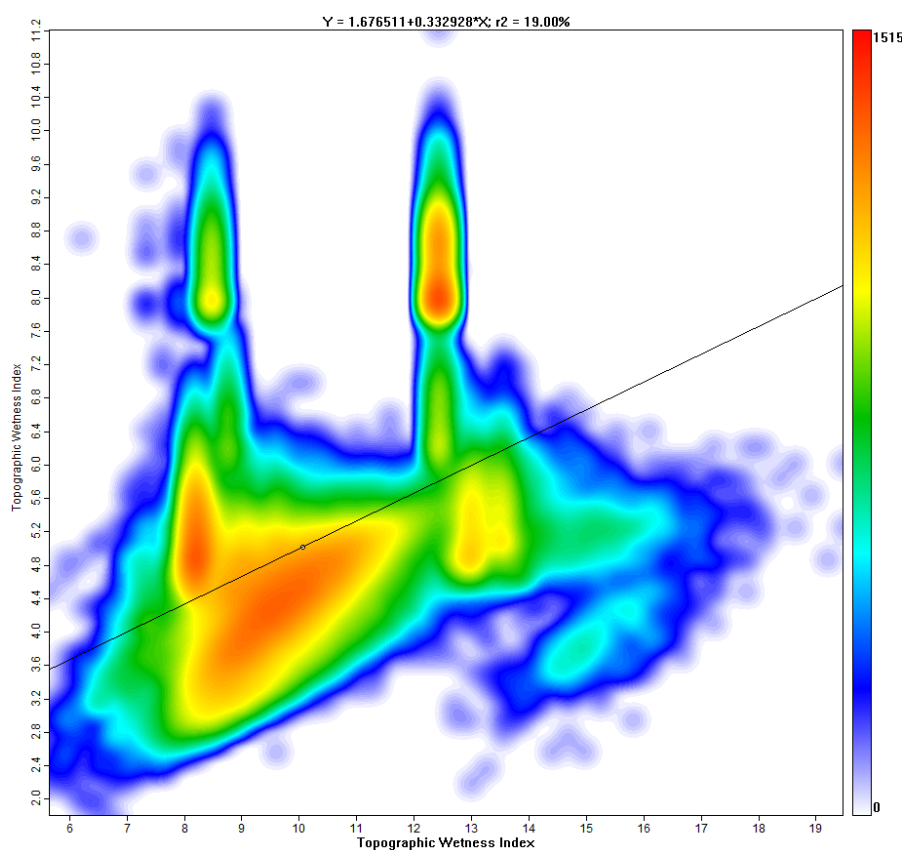
Níže jsou zobrazeny výsledné výstupy (STWI a TWI), které byly interpretovány pomocí ArcMapu. Poslední obrázek ukazuje korelaci = znázornění statistické závislosti mezi dvěma kvantitativními veličinami, v mém případě mezi oběma vlhkostními indexy.



Obr. 18 SAGA vlhkostní index pro povodí Odry (STWI)



Obr. 19 Topografický index vlhkosti pro povodí Odry (TWI)



Obr. 20 Korelace mezi STWI a TWI

6. Závěr

V této bakalářské práci jsem se snažil o co možná nejlepší interpretaci starších i novějších povodňových událostí. U novodobých povodní jsem se zaměřil na povodeň na přelomu června a července v roce 2009. Porovnával jsem intenzitu srážek a průtoky na vybraných stanicích a následně vytvořil grafy. Tato bakalářská práce mi také pomohla objasnit alespoň základní principy vzniku velkých vod v povodí Odry. Vymezená oblast se totiž dělí na Jesenickou a Beskydskou část, přitom právě Beskydy jsou známy nejvyšším výskytem srážek v ČR a spolu s výraznými morfologickými poměry jde o často zaplavovanou oblast. Z historického hlediska bývá nejčastěji zaplavenou oblastí niva řeky Odry. Vše je ale zapříčiněno přírodním charakterem koryta, které se zde nachází a které řece Odře a lidem z okolních zástaveb poskytuje alespoň minimální ochranu díky svým pravidelným rozlivům. Dalším důležitým zjištěním je, že povodně v povodí Odry se nejčastěji vyskytují v letních měsících. Příčinou jsou obrovské lokální srážky, které nestačí půda vstřebat a dochází k obrovským plošným ronům přímo do říčních sítí, které způsobí zvednutí hladiny a následné povodně.

Cílem této práce byla GIS analýza odtokových poměrů v povodí Odry za vybraných povodňových událostí. Jako hlavní programový prostředek mi posloužil ArcMap od společnosti ESRI, díky němuž jsem mohl provádět úplně základní úkony potřebné k vypracování této práce, ať už se jednalo o vytvoření vymezeného území, geologické či geomorfologické poměry, hydrologické poměry a mnoho dalšího. Stejně tak mi pomohl k vytvoření důležitých morfometrických a hydrologických analýz a jejich následné vizualizaci. Za obzvlášť důležitou analýzu prováděnou v ArcMapu považuji například směr odtoku z povodí Odry pomocí funkce KERNEL DENSITY, více v kapitole 5.1.2.

Nedílnou součástí mé práce byly také programy GRASS GIS a SAGA GIS. GRASS GIS mi pomohl k vytvoření LS faktoru pro analýzu sklonitosti v povodí a pomocí programu SAGA GIS jsem zase vytvořil vlhkostní indexy a následně jejich korelaci.

Použitá literatura a zdroje

Brosch, O. (2005). *Povodí Odry*. Ostrava: ANAGRAM s. r. o.

Demek, J., & kol., N. V. (1992). *Neživá příroda*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost.

Kozák, T. J., Státníková, P., Munzar, J., Janata, J., & Hančil, V. (2007). *Povodně v českých zemích*. Kamil Mařík - Professional Publishing.

Krásný, J. e. (2012). *Podzemní vody České republiky*. Praha: Česká geologická služba.

Moravec, D. V. (1998). *Klimatická regionalizace České republiky*. Praha, Středočeský kraj, Česká republika: Karolinum - nakladatelství Univerzity Karlovy, vydání 1.

Novák, V., & kol., H. K. (1997). *Živá příroda*. Brno: Muzejní a vlastivědná společnost.

Unucka, J. (2014). *Enviromentální modelování 1*. Ostrava, Moravskoslezský kraj, Česká republika.

Vencálek, J. (2013). *Moravskoslezský kraj - krajinné poměry*. Ostrava: Moravskoslezský kraj, Krajský úřad, 28. října 117, 702 18 Ostrava.

Vopravil a kol., J. (2010). *Půda a její hodnocení v ČR, Díl 1*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Elektronické zdroje

Andráš, P. (16. Únor 2006). Půdoznalství II. Ostrava, Moravskoslezský, Česká republika.

CENIA. (10. Únor 2015). Načteno z Česká informační agentura životního prostředí: <http://www.cenia.cz>

Český hydrometeorologický ústav. (13. Duben 2015). Hlásná a předpovědní povdňová služba - profily s aktuálním měřením. Moravskoslezský kraj, Česká republika.

Český hydrometeorologický ústav Praha. (28. Leden 2014). *Úsek hydrologie*. Načteno z <http://voda.chmi.cz/pov/index.html>

ČHMÚ. (29. Leden 2015). Evidenční list hlásného profilu č. 269. Ostrava, Moravskoslezský, Česká republika.

ČÚZK. (29. Září 2014). *Geoportál ČÚZK*. Načteno z <http://geoportal.cuzk.cz>

Grygar, R. (19. Leden 2015). *Regionální geologie České republiky*. Načteno z <http://geologie.vsb.cz>

Lázně Darkov. (12. Listopad 2014). Darkov, Moravskoslezský kraj, Česká republika.

Meduňová, K. (30. Duben 2012). Porovnání vhodnosti metodik hydrologických modelů pro analýzu vlivu změn krajinného pokryvu. Ostrava, Moravskoslezský, Česká republika.

Pivec, J. (2. Prosinec 2010). Porovnání klimatické regionalizace ČR podle Moravce – Votýpky (1998) a Quitta (1971). Praha, Praha, Česká republika.

Povodí Odry. (13. Leden 2015). *Plán oblasti povodí Odry*. Načteno z <http://www.pod.cz>

Správa CHKO Poodří. (11. Únor 2015). *Agentura Ochrany přírody a krajiny České republiky*. Načteno z <http://www.poodri.ochranaprirody.cz>

Synková, A., & Kožaná, B. (Listopad 2012). Morfometrické a hydrologické analýzy. Ostrava, Moravskoslezský kraj, Česká republika.

Švec, P. (6. Prosinec 2011). Atmosféra a její základní vlastnosti. Ostrava, Moravskoslezský, Česká republika.

Unucka, J. (25. Květen 2012). Meteorologie. Ostrava, Moravskoslezský, Česká republika.

VH dispečink Povodí Odry, státní podnik. (Červenec 2009). Zpráva o povodni červen, červenec 2009 v povodí Odry. Moravskoslezský kraj, Česká republika.

VH dispečink Povodí Odry, státní podnik. (Červenec 2010). Zpráva o povodni květen, červen 2010 v povodí Odry. Moravskoslezský kraj, Česká republika.

Seznam obrázků

Obr. 1 Mapa s vyznačením oblasti povodí Odry	10
Obr. 2 Geologická souvrství povodí Odry	12
Obr. 3 Geomorfologické celky povodí Odry	14
Obr. 4 Geomorfologické podcelky povodí Odry	14
Obr. 5 Půdní profil, zdroj: Půdoznalství II.	16
Obr. 6 Zobrazení půdních typů v povodí Odry	18
Obr. 7 Lužní les v květnu, CHKO Poodří	20
Obr. 8 Krajinný pokryv povodí Odry	21
Obr. 9 Říční síť povodí Odry	23
Obr. 10 Dolní Bartošovický rybník	25
Obr. 11 Rozdělení povodí podle klimatických oblastí dle Quitta 1971	28
Obr. 12 Upravený břeh řeky Odry v Košátkách	30
Obr. 13 Demonstrace průběhu vodního toku Odry v letech 1950 a 2009	32
Obr. 14 Analýza synoptické situace ze dne 18. května 2010 12UTC	35
Obr. 15 Povodně 1997, Nová Ves, nahoře soutok Odry s Opavou	39
Obr. 16 Sklonitost svahů v povodí Odry (metoda SLOPE)	46
Obr. 17 Hustota odtokové sítě (metoda KERNEL DENSITY)	47
Obr. 18 SAGA vlhkostní index pro povodí Odry (STWI)	49
Obr. 19 Topografický index vlhkosti pro povodí Odry (TWI)	50
Obr. 20 Korelace mezi STWI a TWI	50

Seznam grafů

Graf. 1 Hypsografická křivka vymezeného povodí Odry	23
Graf. 2 Podélný profil řeky Odry po Opavu	24
Graf. 3 Podélný profil řeky Lubiny	25
Graf. 4 Kulminační průtoky za vybr. povodňových událostí na stan. Svinov a Bohumín ..	40
Graf. 5 Průtoky během povodní 2009 na Odře - profil Odry	42
Graf. 6 Výška hladiny během povodní 2009 na stanici v Novém Jičíně.....	42
Graf. 7 Průtoky během povodní 2009 na Husím potoce ve Fulneku	43
Graf. 8 Průtoky během povodní 2009 na stanici Odra - Svinov	43
Graf. 9 Porov. průtoků během povodní 2009 na stanicích Svinov a Odra - profil Odry	44
Graf. 10 Porov. úhrnu srážek během povodní 2009 na stanici ve Veřovicích a Svinově....	44

Seznam tabulek

Tab. 1 Subpovodí 3.řádu povodí Odry s vyznačením zájmové oblasti	10
Tab. 2 Charakteristika klimatických oblastí ČR dle Quitta	27
Tab. 3 Zaznamenané rozlivy ve vymezeném území povodí Odry	45